

UNIVERSITÉ DE NANCY I

THÈSE

présentée

A L'UNIVERSITÉ DE NANCY I

pour obtenir le titre de DOCTEUR INGÉNIEUR

par

Michel LEMOINE

Ingénieur Agronome I. N. A.

AMÉLIORATION DES PEUPLIERS DE LA SECTION LEUCE SUR SOLS HYDROMORPHES

Soutenue le 23 Mars 1973, devant la Commission d'Examen.

JURY :

MM. les Professeurs : GARNIER, *Président*

MANGENOT

BOUVAREL

| *Examineurs*



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41555419_0032

UNIVERSITÉ DE NANCY I

THÈSE

présentée

A L'UNIVERSITÉ DE NANCY I

pour obtenir le titre de DOCTEUR INGÉNIEUR

par

Michel LEMOINE

Ingénieur Agronome I. N. A.

AMÉLIORATION DES PEUPLIERS DE LA SECTION LEUCE SUR SOLS HYDROMORPHES

Soutenue le 23 Mars 1973, devant la Commission d'Examen.

JURY :

MM. les Professeurs : GARNIER, *Président*

MANGENOT
BOUVAREL | *Examineurs*

S O M M A I R E

INTRODUCTION : BUT DE L'EXPERIMENTATION

CHAPITRE I : ETUDE DES RESULTATS OBTENUS A L'ETRANGER

- 11 - *Etudes sur les provenances de l'aire naturelle*
- 12 - *Floraison, rapport des sexes et hermaphrodisme*
- 13 - *Technique d'hybridation*
- 14 - *Viabilité, conservation et semis des graines*
- 15 - *Comparaison des hybrides obtenus*
- 16 - *Autres méthodes d'amélioration*

CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES

- 21 - *Matériel utilisé*
 - 211 - Trembles américains
 - 212 - Populus tremula
 - 213 - Populus alba et Populus x canescens
- 22 - *Obtention des graines et installation des plants*
 - 221 - Techniques d'hybridation
 - 222 - Types de croisements réalisés
 - 223 - Données sur les conditions des plantations
 - 2231 - Type de sol du lieu de plantation
 - 2232 - Climat de la station
 - 2233 - Installation des plants
 - 2234 - Répartition des plants dans les expériences
- 23 - *Dispositifs expérimentaux*
 - 231 - Généralités sur les dispositifs en blocs incomplets équilibrés
 - 232 - Caractéristiques des dispositifs utilisés
 - 233 - Répartition des variétés dans les blocs
- 24 - *Observations effectuées*
- 25 - *Interprétation des résultats*
 - 251 - Caractères quantitatifs
 - 252 - Caractères qualitatifs
 - 2521 - Critérium 2 I de l'information
 - 2522 - Coefficient de corrélation de SPEARMAN
 - 2523 - Corrélations multiples entre plusieurs caractères

.../...

CHAPITRE III : DEBOURREMENT DES DIFFERENTES FAMILLES

31 - Intérêt de l'étude du débourrement

32 - Méthodes de mesures

321 - Techniques de notation

3211 - Première méthode

3212 - Deuxième méthode

3213 - Méthode combinée

322 - Partie de l'arbre observée

33 - Analyse du débourrement

331 - Homogénéité entre les répétitions

332 - Comparaison des deux méthodes de mesure

3321 - Expérience 3 603 2

3322 - Expérience 3 603 1 et 3 604 1

333 - Etude du débourrement des familles communes aux trois expériences

3331 - Dispositifs installés la même année

3332 - Dispositifs installés des années différentes

334 - Classement général des familles pour le débourrement

3341 - Expérience 3 603 1

3342 - Expérience 3 603 2

3343 - Expérience 3 604 1

3344 - Classement général de toutes les familles

34 - Influence de la température sur le débourrement

341 - Recherches de la meilleure valeur du Q_{10} et de la date initiale

342 - Représentation graphique des sommes de Q_{10}

343 - Comparaison entre les années

344 - Classement des familles

345 - Débourrement des familles

35 - Conclusions

CHAPITRE IV : SURVIE, HAUTEUR ET SURFACE TERRIERE

41 - Pourcentage de reprise

411 - Causes de mortalité

412 - Présentation des résultats

413 - Reprise un an après la plantation

414 - Pourcentage de reprise en 1966

415 - Evolution des pourcentages de reprise

42 - Hauteur moyenne

421 - Méthodes de mesure

422 - Echantillonnage pour les calculs

- 423 - Exemple de calcul des hauteurs moyennes
- 424 - Classement des hauteurs moyennes
 - 4241 - Expérience 3 603 1
 - 4242 - Expérience 3 603 2
 - 4243 - Expérience 3 604 1
- 43 - *Surface terrière moyenne*
 - 431 - Mesure et échantillonnage
 - 432 - Surface terrière moyenne en 1967
 - 433 - Croissance en surface terrière
 - 4331 - Expérience 3 603 1
 - 4332 - Expérience 3 604 1
- 44 - *Etudes sur les familles communes aux expériences*
 - 441 - Expériences plantées la même année
 - 442 - Expériences plantées deux années différentes
 - 443 - Classement unique des trois expériences
- 45 - *Production en volume des meilleures familles*
 - 451 - Calcul du coefficient de forme
 - 452 - Production en volume de quelques familles de l'expérience 3 603 1
- 46 - *Conclusions*

CHAPITRE V : OBSERVATIONS SUR LA TAVELURE DU TREMBLE (*Venturia tremulae*)

- 51 - *Généralités*
 - 511 - Dégâts dus à la tavelure du tremble
 - 512 - Recherches effectuées en Allemagne Fédérale
- 52 - *Observations sur la défeuillaison*
 - 521 - Méthode de mesure
 - 522 - Résultats
- 53 - *Observations sur la tavelure du tremble*
 - 531 - Méthode de mesure
 - 532 - Premières observations
 - 533 - Liaison entre les observations des différentes années
- 54 - *Liaisons avec d'autres caractères*
 - 541 - Liaison avec le débourrement
 - 542 - Liaison avec la défeuillaison
 - 543 - Liaison avec la hauteur
- 55 - *Intérêt de la sélection de clones de Populus tremula*
- 56 - *Conclusions*

CHAPITRE VI : HERMAPHRODISME ET REPARTITION DES SEXES

61 - *Morphologie des fleurs normales*

62 - *Fleurs hermaphrodites*

621 - Arbres repérés

622 - Fleurs bisexuées typiques

623 - Fleurs bisexuées anormales

624 - Répartition des différents types de fleurs

625 - Répartition des types de fleurs le long du chaton

626 - Conclusions sur l'hermaphrodisme

63 - *Répartition des sexes dans les descendance*s

631 - Importance de la floraison en 1965

632 - Proportion des sexes

6321 - Croisements intraspécifiques et entre trembles européens et américains

6322 - Croisements entre trembles et peupliers blancs

6323 - Hypothèse sur le mécanisme du déterminisme du sexe

64 - *Influence des années sur la floraison et la répartition des sexes*

641 - Fréquences de la floraison pour les arbres de plusieurs familles

642 - Répartition des sexes suivant les années

65 - *Conclusions*

CONCLUSION GENERALE : HETEROSIS ET SELECTION DES CLONES

71 - *Manifestations d'hétérosis*

72 - *Sélection de clones*

73 - *Orientation future des recherches*

INTRODUCTION

BUT

DE

L' EXPERIMENTATION

Le genre Populus a été divisé en 5 sections (classification reconnue par la Commission internationale du peuplier (1))

{	:	}
{	Nom des sections :	Aire géographique }
{	:	}
{	:	}
{	Turanga.....	: Asie occidentale, Afrique du Nord}
{	:	}
{	Leuce (trembles et peupliers	:
{	blancs).....	: Hémisphère Nord, zone tempérée }
{	:	}
{	Aigeiros (peupliers noirs).....	: Hémisphère Nord, zone tempérée }
{	:	}
{	Tacamahaca (peupliers baumiers)	: Asie orientale, Amérique du Nord }
{	:	}
{	Leucoïdes.....	: Asie orientale, Est de l'Amérique}
{	:	du Nord }
{	:	}

La Section Leuce comprend :

d'une part les trembles représentés par 3 espèces :

- Populus tremula L. ;
- Populus tremuloïdes Michx. ;
- Populus grandidentata Michx. ;

d'autre part les peupliers blancs que l'on réunit en une seule espèce :

- Populus alba L.

La sélection et l'amélioration des peupliers de la Section Leuce ont débuté en France en 1950, d'abord par la recherche de différents clones choisis dans plusieurs régions françaises et par des essais pour les multiplier par bouturage, puis, à partir de 1953, par des hybridations intraspécifiques et interspécifiques (2).

Les clones sélectionnés ont été rassemblés dans une collection à Velaine-sous-Amance à 14 km à l'Est de Nancy, tandis que les plants issus des croisements contrôlés ont été utilisés, soit pour étudier le comportement des hybrides en peuplements homogènes, soit pour comparer entre elles les différentes familles obtenues.

Les travaux entrepris avaient pour but de rechercher si, parmi les peupliers de la Section Leuce, on pouvait trouver des clones ou des familles hybrides qui puissent s'installer facilement sur des

terrains abandonnés par l'agriculture et pour lesquels les clones de peupliers noirs actuellement cultivés sont mal adaptés. Il s'agissait de constituer des peuplements assez denses à peu de frais sur des sol médiocres pour produire, avec des hybrides à croissance rapide, soit du bois de papeterie, soit du bois de meilleure qualité (pour le déroulage, par exemple.) (3).

J'ai été chargé de réaliser, à partir de 1953, des études sur la multiplication de ces peupliers par boutures, sur les techniques d'hybridation, sur le comportement des trembles hybrides en peuplement pur et sur la recherche des croisements intraspécifiques et interspécifiques les plus intéressants pour obtenir la production la meilleure.

Les résultats présentés ici portent sur les comparaisons de familles hybrides issues de croisements intraspécifiques et interspécifiques, installées sur un sol à pseudogley à Velaine-sous-Amance dans trois expériences plantées en 1959 et 1960.

CHAPITRE I

ETUDE DES RESULTATS

OBTENUS

A L'ETRANGER

L'aire de répartition des peupliers de la Section Leuce est immense. Elle couvre une bande de l'hémisphère nord dont les zones extrêmes dépassent au nord le cercle polaire et au sud le tropique du cancer (1). On rencontre des formes de plaine et de haute montagne chez Populus tremula et Populus tremuloïdes qui montent jusqu'à 3 000 d'altitude dans le nouveau Mexique (4). Ces deux espèces s'installent sur des types de sol fort différents et vivent sous des climats très froids. A l'opposé, les peupliers blancs sont connus pour leur bonne résistance à la sécheresse.

Le bois de ces peupliers a aussi de multiples utilisations : allumettes, sciage, emballages, saboterie, paille de peuplier et même bois de chauffage dans les pays d'Extrême-Orient. C'est surtout dans les pays scandinaves, l'U.R.S.S. et sur le pourtour des grands lacs américains que les peupliers de la Section Leuce ont une grande importance économique. Mais, il ne faut pas négliger leur intérêt dans les régions montagneuses (Suisse), comme essence améliorante (association avec l'épicéa pour la production d'arbres de Noël) et comme essence pionnière (Canada, vallée du Danube).

C'est pourquoi, étant donné leurs possibilités d'utilisation et la grande variabilité des espèces et de leurs écotypes, les stations de recherches de nombreux pays ont inscrit les peupliers de la Section Leuce dans leur programme de sélection et d'amélioration. D'après JOHNSON et WRIGHT, c'est dans le cadre de l'Oxford Paper Company que STOUT et SCHREINER ont entrepris les premières hybridations artificielles aux Etats-Unis (5) (6). C'est VON WETTSTEIN qui, en Europe, mit au point, vers 1930, une technique d'hybridation qui est largement utilisée aujourd'hui (7). Mais les recherches s'étendirent dès 1936 à de nombreux pays, Canada, U.R.S.S., Italie, Corée...

Dans les régions où les aires des peupliers de différentes espèces de la Section Leuce ont des zones communes, on a trouvé des hybrides naturels. C'est le cas en Europe des peupliers "grisards" qui sont probablement des hybrides entre Populus tremula et Populus alba étant donné leur ressemblance avec les plants obtenus par croisements contrôlés. Certains leur donnent un nom d'espèce : Populus x canescens Sm. De même, en Amérique du Nord, on rencontre des hybrides naturels entre Populus tremuloïdes et Populus grandidentata, toutefois assez rarement, étant donné le décalage existant entre leurs dates de floraison. A la suite de l'introduction de plusieurs clones de Populus alba en Amérique

.../...

du Nord, il a pu aussi se former des hybrides de cette espèce avec Populus grandidentata.

L'existence de ces hybrides naturels et les difficultés de multiplication de ces peupliers par bouturage ont conduit les chercheurs à orienter leurs travaux d'amélioration vers les hybridations intra- et interspécifiques, d'abord à partir des collections contenues dans les arboretums, ensuite grâce aux échanges de matériel entre les différents pays. Les premiers travaux furent empiriques, mais par la suite de nombreux chercheurs entreprirent des études plus approfondies sur la floraison, la conservation des graines, les techniques de semis, les comparaisons de familles hybrides, les maladies, les qualités du bois.

11 - ETUDES SUR LES PROVENANCES DE L'AIRE NATURELLE

Chez la plupart des essences forestières, une grande partie du programme d'amélioration comporte des expériences de provenances de graines récoltées sur des peuplements naturels, donc issues de pollinisations libres. Ces expériences permettent d'étudier les différents écotypes de l'aire d'une espèce et de déterminer ceux qui sont les mieux adaptés à une région donnée. Elles sont peu nombreuses pour les peupliers de la Section Leuce, sans doute à cause de la viabilité extrêmement réduite des graines, de la vigueur remarquable de certains hybrides naturels et du drageonnement abondant qui rend imprécise la notion d'individu. Aussi faut-il rendre hommage à l'initiative de la F.A.O. et à la compréhension des membres du "Poplar Council" grâce auxquels des graines de différentes provenances de Populus tremuloïdes et grandidentata ont été récoltées, en même temps que celles de Populus deltoïdes, au printemps 1967 aux Etats-Unis et expédiées vers de nombreux pays.

De 1951 à 1954, PAULEY a planté 46 provenances des trois espèces de trembles dans le Massachussetts (8). Malheureusement, il avait obtenu un nombre très variable de plants par provenance et certaines d'entre elles n'étaient représentées que par quelques individus. Pour Populus tremuloïdes, seules les provenances du Nord-est et des grands lacs ont survécu ; les provenances nordiques de Populus tremula sont presque toutes mortes. Les plants restants ont tous eu une croissance faible par rapport aux hybrides entre les deux espèces.

Les autres études sur des écotypes différents des espèces

pures proviennent de plantations de descendance de croisements contrôlés d'individus d'origines locales croisés entre eux ou avec d'autres provenant de régions éloignées. VAN VLOTEN signale la grande variabilité entre les descendance de Populus tremula et en conclut qu'il est important de procéder à une sélection individuelle. Il reconnaît la supériorité des familles dont un des parents est un tremble polonais, pour les Pays-Bas (9). JOHNSON compare 6 familles de trembles provenant de latitudes différentes en Suède, du 56 au 66e parallèle ; les races septentrionales ont une croissance plus faible que celles du Sud à Ekebo (56e) (10). Des hybrides entre arbres de latitudes différentes se montrent égaux ou supérieurs à ceux de la provenance de latitude moyenne : y-a-t-il une manifestation d'hétérosis ? ROHMEDER rapporte les expériences de SCHMIEDER qui a effectué 80 croisements contrôlés de 1958 à 1962 entre arbres provenant des Alpes bavaroises, suisses et françaises (11). Plusieurs familles issues de croisements entre parents éloignés sont supérieures aux provenances locales de Bavière. En Espagne, CATALAN décrit la variabilité de Populus alba et Populus tremula (12).

Les résultats actuels sont insuffisants et ne permettent pas d'avoir une connaissance précise sur toutes les caractéristiques génétiques des différents écotypes.

12 - FLORAISON, RAPPORT DES SEXES ET HERMAPHRODISME

L'étude de la physiologie de la floraison et des phénomènes qui peuvent l'induire est d'une grande importance pour les travaux d'hybridation. MUHLE LARSEN décrit la formation de fleurs sur de jeunes plants âgés de 1 à 4 ans dans plusieurs plantations en Belgique (13). Il note que la floraison est favorisée par la transplantation et influencée par la texture du sol, car les plants issus de mêmes familles ont plus de fleurs sur les terrains filtrants que sur les terrains compacts à la suite d'un printemps sec. Les plants de Populus tremuloïdes fleurissent plus jeunes que ceux de Populus tremula ; ce caractère semble se transmettre aux hybrides entre les deux espèces.

L'hypothèse de l'influence du climat du printemps précédant l'année de floraison est confirmée par les études de LESTER sur les périodes d'initiation florale chez Populus tremuloïdes (14). Il effectue des coupes microscopiques sur des bourgeons prélevés de jour en jour à

partir du début du mois de mai. Ce n'est qu'à la fin du mois et dans les premiers jours de juin qu'il observe les premiers signes de différenciation des bourgeons à fleurs. Des protubérances se forment de part et d'autre de l'axe.: ce sont les futures bractées. Cette différenciation est acropète. Vers la fin du mois de juin, le futur réceptacle apparaît et sa forme permet de savoir si on a affaire à de futures fleurs mâles ou femelles. Les anthères s'individualisent dans la deuxième quinzaine de juillet. Les ovaires, qui apparaissent un peu avant, ne sont complètement constitués qu'en septembre.

On savait déjà, grâce à SEITZ en Allemagne, à partir de quelle époque on pouvait récolter les branches à fleurs mâles pour obtenir le pollen (15). Il récolte des branches du 15 août jusqu'à la fin du mois de décembre et obtient du pollen normalement mûr après traitement au froid dès les premières récoltes. Il observe ensuite une période de 3 semaines en septembre pendant laquelle il ne peut pas lever la dormance des bourgeons. Il s'agit probablement de l'époque de durcissement des écailles du bourgeon. Car, à partir des prélèvements du 15 octobre, non seulement il peut obtenir du pollen, mais les bourgeons ne sont plus détruits par des températures très basses. Il en conclut qu'on peut commencer les travaux d'hybridation en serre dès le début du mois de décembre.

Les peupliers sont des plantes dioïques. Les spécialistes se sont donc intéressés à deux phénomènes ; le rapport des sexes et l'existence d'arbres hermaphrodites. La présence des deux sexes sur un même arbre peut s'exprimer de façons différentes, les chatons pouvant comporter des fleurs mâles, femelles et hermaphrodites ou certaines d'entre elles. Plusieurs estimations du rapport des sexes ont eu lieu aux Etats-Unis par différents chercheurs sur des peuplements naturels. Certains concluent à l'égalité des sexes (SANTAMOUR, EINSPAHR), d'autres pensent à une légère supériorité du nombre des mâles (LESTER) ; PAULEY et MENNEL trouvent un rapport de 3/1 en faveur des mâles sur un échantillon de 206 arbres (15). FARMER, qui a employé une méthode d'échantillonnage systématique sur 10 peuplements de Populus deltoïdes compte légèrement plus de mâles (54 %) sur 551 arbres étudiés (16).

Les généticiens s'intéressent aux hermaphrodites pour le cas où la compatibilité entre les fleurs mâles et femelles permettrait, par des autofécondations successives, de créer des lignées qui, croisées

entre elles, donneraient des hybrides plus vigoureux, comme c'est le cas pour le maïs. Chez Populus tremula, on a trouvé des hermaphrodites en Suède, en Allemagne, en Italie, donc dans des régions très différentes. Ceux décrits par RUNQUIST étaient à tendance mâle, ceux décrits par SEITZ à tendance femelle (17). Dans les deux cas, il a été possible d'obtenir des descendants par autofécondation. SEITZ a vérifié que l'hermaphrodisme n'était pas dû à une modification du nombre de chromosomes ($2n = 38$) et que le développement du pistil était le même chez les fleurs femelles et hermaphrodites (18). Les hermaphrodites décrits en Italie par RUGGERI étaient aussi à tendance femelle marquée, les étamines étant assez rares dans les chatons. Le pourcentage de fleurs hermaphrodites a varié suivant les années d'observation, sans doute à cause de l'influence du climat (19). Chez Populus tremuloïdes, LESTER a examiné 138 arbres dans différentes stations du Connecticut : 38 % d'entre eux avaient des fleurs hermaphrodites (15). Ce pourcentage important est dû à l'échantillonnage élevé employé (de 50 à 100 chatons examinés par arbre) car plus des deux tiers comptés hermaphrodites avaient trop peu de fleurs bisexuées pour que ce caractère puisse avoir une importance fonctionnelle. Chez tous les arbres, un des sexes était dominant, c'est-à-dire avec plus de 50 % de fleurs unisexuées, soit mâle, soit femelle.

13 - TECHNIQUES D'HYBRIDATION

La technique d'hybridation ne pose pas de problèmes particuliers, mais elle exige beaucoup de soins, pour éviter une chute prématurée des chatons. Cette technique a été décrite par VON WETTSTEIN (7), puis par d'autres auteurs, en particulier HEIMBURGER (20), JOHNSON (21) et BOUVAREL (22) ; elle est dérivée de celle proposée par YANCHEWSKY en 1904.

On procède d'abord à la récolte de branches à bourgeons mâles et on extrait le pollen dans des cases à isolation en mettant simplement les branches dans l'eau. On fait de même pour les branches femelles. On passe un pinceau souple enduit de pollen sur les chatons quand ils commencent à s'allonger ; on répète l'opération 24 heures après. La maturation des graines est très rapide : 2 à 3 semaines au laboratoire. Si on a pris la précaution de récolter des branches assez grosses et de ne laisser qu'un nombre réduit de chatons par branche,

de 3 à 10 suivant sa grosseur, on obtient un développement normal des chatons en maintenant simplement les branches dans un grand vase avec de l'eau que l'on change fréquemment. Il est bon de rafraîchir la coupe des branches de façon à ce que les vaisseaux du bois ne soient pas obstrués par des colonies bactériennes. BERGMANN et LANTZ ajoutent 3 fois par jour de la glace dans l'eau afin de maintenir sa température en-dessous de + 5° C, ce qui freine le développement des bactéries (23).

14 - VIABILITE, CONSERVATION ET SEMIS DES GRAINES

Les graines des peupliers de la Section Leuce sont très petites et n'ont pratiquement pas de réserves : on en compte entre 2 000 (Populus alba) et 15 000 (Populus tremuloïdes) au gramme. L'enveloppe de la graine est assez fragile ; la viabilité des graines est de quelques jours à quelques semaines si on ne prend pas de précaution particulière. BØRSET a rapporté les résultats d'essais de germination effectués en Norvège de 1942 à 1953 (24). Ses études portent sur les influences de la température, de la lumière, des arbres-mères et de la conservation sur la germination. Il y a de grosses différences entre la faculté germinative suivant les arbres récoltés. La conservation des graines sous un vide léger et à basse température permet de prolonger la viabilité des graines plusieurs années. Ce résultat a été confirmé quelques années plus tard par les essais effectués en France (2) et en Suisse (25). GREHN a recherché l'influence maternelle et paternelle sur le poids de 1 000 graines (26). Ce caractère croît dans l'ordre suivant si le parent femelle est P. tremula, P. alba ou P. x canescens. Si on peut s'expliquer l'influence du parent femelle, on comprend moins facilement que pour une même espèce utilisée comme femelle, on puisse obtenir des variations du simple au double dans le poids de 1 000 graines en fonction de l'espèce parente mâle. Les 130 croisements utilisés pour cette expérience donnent des résultats très hétérogènes, fonction peut-être des conditions différentes des hybridations.

Par suite de la fragilité de la graine, on rencontre peu de semis naturels. Il faut en effet des conditions d'humidité et de lumière particulières pour que la jeune plantule puisse survivre. La germination est assez rapide (1 à 3 jours) et la plantule n'adhère au sol que par une couronne de poils entre lesquels sortira la radicule. Si la surface

du sol se dessèche avant que la racine ait pu s'enfoncer suffisamment dans le sol, la plantule meurt. C'est pourquoi on effectue le semis, soit dans des caissettes en serre, soit sous chassis. Mais l'excès d'humidité en surface peut aussi être défavorable, car les jeunes peupliers sont très sensibles à la fonte des semis. C'est pourquoi MARCET utilise une méthode d'alimentation en eau par capillarité (27). Suivant les cas, on procède à un ou deux repiquages des semis dès la première année, le dernier repiquage ayant toujours lieu à l'extérieur (21). Afin d'obtenir des plants de belle forme, GRAY conseille de recéper les plants à 2 ans (28). Mais, dans le cas d'hybrides très vigoureux, on peut obtenir des plants de plus de 2 m de hauteur dès la première année, si le semis a été assez précoce.

15 - COMPARAISON DES HYBRIDES OBTENUS

Les différentes familles obtenues par croisements contrôlés sont plantées afin de les comparer entre elles et, en particulier, afin de savoir si les hybrides interspécifiques sont supérieurs ou non aux espèces locales. Cette supériorité que l'on cherche, c'est la production, dans le temps le plus court possible, d'une grande masse de bois de bonne qualité, sur un type de sol et sous un climat déterminé. Cette production élevée est non seulement fonction des conditions locales, mais aussi des caractères génétiques que l'on a pu réunir ou faire apparaître, comme une bonne résistance au froid et aux maladies et surtout une plus grande vigueur des hybrides obtenus. D'autres objectifs aussi peuvent être pris en considération, la protection des cultures ou la création d'espaces verts.

Certes, les expériences n'ont pas toujours été installées avec toutes les précautions nécessaires et certains résultats manquent de précision par suite de l'absence d'études écologiques préalables ou de répétition, de l'hétérogénéité du nombre de plants par famille ou de l'élevage de ces plants, des différences entre les années de plantation... Il n'en demeure pas moins qu'on peut tirer de nombreux enseignements sur les possibilités de production de plusieurs types d'hybrides dans certaines régions.

En Amérique du Nord, les trembles ont une grande sensibilité à la pourriture rouge du coeur, ce qui diminue leur longévité et ne permet de récolter qu'une faible proportion de bois sain à l'âge d'ex-

exploitation (20). Les hybrides de ces trembles avec Populus alba améliorent la résistance à la pourriture, mais les peupliers blancs sont plus méridionaux et ont une moins bonne résistance au froid. FARRAR signale l'intérêt de l'hybride P. alba x P. grandidentata au Canada, car il a une croissance particulièrement rapide et il est résistant à la rouille (29). En outre, JOHNSON a étudié la transmission du pouvoir d'enracinement de P. alba et il pense qu'il transmet ce caractère dans la F1 et qu'il serait homozygote pour un ou plusieurs allélomorphes à haute dominance (30). Le back-cross n'améliore pas le pouvoir d'enracinement. HEIMBURGER compare les différents hybrides aux parents et ajoute aux résultats précédents les différents comportements des hybrides entre P. tremuloïdes et P. tremula suivant la provenance du tremble européen. Cet hybride n'est pas supérieur à ses parents s'il est croisé avec un tremble scandinave, mais il est meilleur si le tremble est polonais, tchèque et surtout italien. Les croisements des trembles avec Populus canescens donnent des résultats hétérogènes ; la plupart des hybrides obtenus sont médiocres (31,32,33).

Dans les pays scandinaves, le tremble a une grande importance pour la production de la pâte à papier. Les travaux de JOHNSON font autorité (10,21,34). Ils ont établi la supériorité incontestable des hybrides entre P. tremula et P. tremuloïdes dans le sud de la Suède, sur les trembles suédois. Plusieurs expériences installées plus au nord, à Brunsberg, donnent les mêmes résultats (35). Aussi ces hybrides sont-ils produits annuellement par centaines de milliers de plants, malgré les dégâts causés par certaines maladies cryptogamiques (Valsa).

Ces mêmes hybrides se révèlent encore intéressants aux Pays-Bas, en Belgique et dans le nord-ouest de l'Allemagne (9, 13, 36).

Les hybrides avec P. alba et en particulier une de ses formes fastigiées, la variété bolleana, intéressent le reste de l'Europe, depuis l'Espagne jusqu'à l'U.R.S.S. en passant par les Balkans. Les peupliers blancs sont les seuls peupliers de la Section Louce qui se bouturent relativement facilement et c'est dans les pays méditerranéens et du Moyen-Orient qu'on trouve les clones qui ont le meilleur pouvoir d'enracinement (12, 37). Les croisements avec P. tremula et P. x canescens sont comparés dans de nombreuses expériences. GREHN trouve un pourcentage élevé de plants nains et anormaux chez ces hybrides (38). SCHONBACH a comparé dans 13 stations les hybrides entre P. alba et

P. tremula avec les P. tremula purs (39). Ces derniers se révèlent toujours égaux ou supérieurs aux hybrides. En Pologne, BIALOBOK aboutit aux mêmes résultats et signale la faible vitalité des hybrides avec P. x canescens (40, 41). Les hybrides ressemblant à P. alba sont plus vigoureux que ceux ressemblant à P. tremula. TYSZKIEWICZ et CHMIELEWSKI pensent que P. alba transmet à ses descendants des facteurs améliorant la résistance aux maladies et que P. x canescens est un matériel peu intéressant pour les hybridations (42).

En Roumanie, et en Hongrie, BENEA et KOPECKY ont au contraire trouvé des hybrides supérieurs aux espèces parentes, en particulier dans les croisements avec la variété bolleana (43, 44, 45). Les plants obtenus sont résistants à la sécheresse et à la rouille. KOPECKY montre aussi l'intérêt de l'hybride P. alba x P. grandidentata pour la Hongrie. Plusieurs hectares de vergers à graines ont été installés pour la production de différents hybrides (46).

Les travaux qui ont débuté en 1936 en U.R.S.S. ont un caractère original. Il s'agit de produire des peupliers pyramidaux pour la création d'espaces verts et de brise-vents dans des zones continentales (47). Comme les peupliers pyramidaux sont méridionaux, il faut les croiser avec des trembles locaux afin d'obtenir des hybrides résistants à des froids de - 45 ° C. Plusieurs clones fastigiés se reproduisant par bouturage ont été multipliés.

16 - AUTRES METHODES D'AMELIORATION

Il faut citer aussi dans les méthodes d'amélioration, celles qui utilisent la polyploïdie. En 1935, NILSSON-EHLE avait trouvé un tremble triploïde en Suède (5). BAKULIN signale aussi la présence de triploïdes dans la région de Novosibirsk (48). EINSPAHN et autres ont étudié 4 clones de trembles triploïdes dans le Michigan (49). Tous notent la croissance supérieure du triploïde par rapport au diploïde. Des tétraploïdes artificiels ont été obtenus soit par traitement de diploïdes à la Colchicine, soit par croisement de diploïdes et de triploïdes. Ces tétraploïdes peuvent être à l'origine de la création de nouveaux triploïdes. Les familles obtenues sont en général très hétérogènes sans doute à cause de la présence d'aneuploïdes.

Aussi bien parmi les polyploïdes que parmi les hybrides artificiels obtenus par les différentes stations de recherches, on peut

.../...

sélectionner des clones remarquables que l'on voudrait multiplier par bouturage. Mais, à part quelques hybrides avec Populus alba, qui se bouturent moyennement d'ailleurs, la plupart ne peuvent pas se multiplier végétativement comme les peupliers noirs ou baumiers. JOHNSON décrit les méthodes qui ont été mises à l'étude : utilisation de drageons, boutures de racines, boutures herbacées, marcottage (21). Grâce à l'utilisation d'auxines, des résultats positifs ont pu être constatés et on peut utiliser ces méthodes pour faire des collections de clones, mais aucune d'entre elles n'a permis la multiplication à une grande échelle des clones intéressants. Seul, le greffage est facile à réaliser et la technique préconisée par ZUFA, greffage à oeil dormant au mois d'août, semble être d'une utilisation facile (50). Il obtient en effet des pousses de plus de 2 m de haut, l'année qui suit le greffage. Une autre solution réside peut-être dans une application pratique des recherches de JACQUIOT sur la culture d'explantats de cambium de Populus tremula (51). Il a pu faire apparaître des racines sur des souches pratiquement réfractaires au bouturage en leur associant des souches formant facilement des racines en présence d'auxines. Cette induction persiste quand la souche est à nouveau isolée et cela pendant plusieurs repiquages.

Les résultats, qui vont être exposés, ont avant tout rapport à la comparaison entre différentes familles hybrides ; mais il sera fait état, dans leur présentation d'observations personnelles sur des techniques qui sont liées à ces travaux et, en particulier, sur l'hermaphrodisme et la floraison.

CHAPITRE II

MATERIEL

ET

METHODES

Nous présentons dans ce chapitre les descriptions du matériel utilisé, du lieu de l'expérience, des types d'observations effectuées et des méthodes statistiques qui nous permettront d'interpréter les résultats.

21 - MATERIEL UTILISE

Nous n'avons pas la prétention dans ces expériences d'utiliser des individus provenant de toutes les parties de l'aire des espèces des peupliers de la Section Leuce, car ces aires sont immenses, comme nous l'avons indiqué au paragraphe précédent. En plus, s'il était assez facile d'obtenir du matériel d'origine française, les délais de transport et la faible viabilité des graines, du pollen et des greffons rendent toujours aléatoires l'expédition du matériel venant de pays étrangers et, en particulier d'Amérique du Nord.

La collection que nous avons installée depuis 1954 près de NANCY ne comportait encore que peu d'arbres capables de fleurir, c'est pourquoi la presque totalité des hybridations que nous avons réalisées l'ont été grâce au matériel que nous avons reçu d'Amérique du Nord - pollen envoyé du Canada par le Docteur HEIMBURGER et des Etats-Unis par le Docteur BARNES - de Belgique - branches florifères envoyées par le Docteur MUHLE-LARSEN - et de France - branches florifères obtenues grâce à l'amabilité du personnel des Eaux et Forêts.

211 - TREMBLES AMERICAINS

Nous avons pu disposer pour les hybridations de 1958 et 1959 de 8 clones de P. tremuloïdes (le n° 5 538 représenté par 7 plants greffés de la collection de Velaine semble correspondre à un seul clone envoyé du Canada sous forme de greffons en 1955 par le Docteur HOLST) et un clone de P. grandidentata. Le tableau II-1 indique les origines de ces clones, limitées à l'Ontario, au Michigan et au Wisconsin, c'est-à-dire la région des Grands Lacs où ces espèces sont le plus abondamment représentées. Ces clones figurent dans 29 croisements différents.

.../...

TABLEAU II-1
ORIGINES DES TREMBLES AMERICAINS

Numéro	Sexe	Provenance	Etat	Latitude	Longitude	Nb. de crois (1)
<u>Populus tremuloïdes</u>						
5830	♂	Maple (T 20)	Ontario	43° 50' N	70° 30' 0	3
5931	♂	Ox Narrows (T 29)	Ontario	45° 07' N	78° 49' 0	1
5932	♂	West of Galt (T 32)	Ontario	43° 21' N	80° 26' 0	4
S5538 (2)	♀		Ontario			7
5831	♂	Winans Lake (WL 2)	Michigan			4
5832	♂	Winans Lake (WL 1)	Michigan			5
5532 - K26 (3)	♂	"Knuthenborg"	Danemark			1
		X Boyfield	Wisconsin			
5934	♂	Forest County (S73)	Wisconsin	45° 40' N	88° 40' 0	1
<u>Populus grandidentata</u>						
5833	♂		Michigan			3

- 1) Nombre de croisements dans lesquels le clone a été utilisé comme parent.
- 2) Les différents plants greffés correspondent peut-être au même clone.
- 3) Le parent femelle dont est issu ce clone est un P. tremuloïdes, d'origine inconnue, introduit au Danemark.

TABLEAU II-2
ORIGINES DE POPULUS TREMULA

N°	Sexe	Provenance	Dép ^t	Altitude (m)	Latitude	Longitude	Nb. de crois. (1)
5800	♂	Amance	54	250	48° 45' N	6° 20' E	2
5819	♀	Xures	54	250	48° 35' N	6° 35' E	5
5820	♀	Parroy	54	250	48° 35' N	6° 35' E	7
5821	♀	Parroy	54	250	48° 35' N	6° 35' E	2
5804	♂	Der	52	150	48° 35' N	4° 50' E	1
5813	♀	Lacanau-Médoc	33	20	45° 00' N	1° 05' O	4
5814	♀	Lacanau-Médoc	33	20	45° 00' N	1° 05' O	5
5815	♀	Lacanau-Médoc	33	20	45° 00' N	1° 05' O	4
5809	♂	Mont Ventoux	84	890	44° 05' N	5° 20' E	1
5807	♂	Valloire	73	1 500	45° 10' N	6° 30' E	5
5900	♂	Valloire	73	1 500	45° 10' N	6° 30' E	1
5826	♀	"Blicquy" (2)					1

(1) Nombre de croisements dans lesquels le clone a été utilisé comme parent.

(2) Il s'agit d'un arbre issu d'un peuplement installé en Belgique, mais dont les graines proviennent de Pologne.

212 - POPULUS TREMULA

Le tableau II-2 donne la situation des 12 clones utilisés comme parents. On peut les grouper en 5 régions différentes.

Le Nord-Est correspond à des clones de plaine choisis à proximité du lieu de l'expérimentation ; ils ne changent donc ni de climat, ni de latitude. Ces clones interviennent dans 17 croisements.

Si les Landes sont le pays traditionnel du pin maritime, on y rencontre aussi des trembles dans des zones particulièrement humides sur des sols à pseudogley dont la structure est toutefois bien différente de celle de notre station expérimentale. Les 3 clones sont tous femelles et ont été utilisés dans 13 croisements.

Nous n'avons pu obtenir que peu de pollen du matériel récolté sur les pentes du Mont Ventoux, ce qui ne nous a pas permis de l'employer pour plus d'un croisement.

GUINIER avait déjà signalé les différences de port et d'écorce des trembles de plaine et de montagne (52) ; on peut y ajouter leur différence d'habitat, le tremble de plaine vivant en forêt, celui de montagne au bord des torrents et des rivières. Ce sont ceux de la vallée de la Maurienne qui ont la meilleure croissance dans la collection et en particulier, ceux de Valloire que nous avons choisis pour représenter ce type de tremble.

Enfin, un tremble d'origine polonaise et planté à Blicquy en Belgique correspond à une région plus continentale.

213 - POPULUS ALBA ET POPULUS x CANESCENS

Il existe dans la basse vallée du Rhône de nombreux peuplements naturels de peupliers blancs, en particulier dans les îles se trouvant au milieu du fleuve. Ces peuplements ont l'avantage de ne comprendre que des arbres d'espèce pure. Les 7 clones choisis ont été utilisés dans 28 croisements, comme l'indique le tableau II-3. Ils sont issus d'une zone comprise entre Pont-Saint-Esprit et Avignon.

Un peuplier grisard récolté en 1924 dans les délaissés du Fier à l'ouest d'Annecy par GUINIER complète la liste des parents utilisés.

22 - OBTENTION DES GRAINES ET INSTALLATION DES PLANTS

221 - TECHNIQUES D'HYBRIDATIONS

Nous en avons utilisé trois différentes pour réaliser les croisements des printemps 1958 et 1959.

La première est celle décrite au chapitre précédent et proposée par VON WETTSTEIN (7).

Les deux autres sont des variantes de la même méthode suivant que l'on pratique la pollinisation sur l'arbre femelle lui-même ou sur des branches greffées sur de jeunes semis.

On ensache les bourgeons à fleurs femelles avant leur ouverture et l'on pulvérise le pollen avec une seringue hypodermique sur les chatons au moment où ils s'allongent. A l'extérieur, on est obligé de laisser les sacs à pollinisation jusqu'à la maturation des graines, car on risquerait de perdre les graines au moment de l'ouverture des capsules (3).

La méthode de VON WETTSTEIN a l'avantage de la simplicité et peut être employée sans installation spéciale, à condition de pouvoir isoler les croisements avec des pollens différents. La maturation des graines est rapide (2 à 3 semaines après pollinisation). Mais cette méthode demande une surveillance fréquente (changement de l'eau), limite le nombre de chatons à laisser par branche et ne donne que des graines d'une faible viabilité. Ces 3 défauts peuvent être corrigés avec des branches greffées, mais il faut disposer alors d'une serre chauffée pour que la soudure de la greffe se réalise dans de bonnes conditions et que le porte-greffe puisse alimenter rapidement les chatons. Ces deux méthodes permettent de réaliser des hybridations dès le mois de janvier et ainsi de semer les graines très tôt en serre. La pollinisation sur les arbres mères ne peut se faire que plus tard et demande plus de temps pour la maturation des graines (4 à 6 semaines). Mais cette méthode permet la production de graines en grosses quantités, sans demander beaucoup de surveillance.

A plusieurs reprises, les branches florifères greffées au printemps d'une année ont donné à nouveau des fleurs l'année suivante, ce qui a permis d'utiliser 2 années de suite les mêmes branches pour des hybridations.

.../...

TABLEAU II-3

PARENTS UTILISES POUR LES HYBRIDATIONS DE 1958 (3 603)

Parent ♀	P. tla	P. tds	P. grd	P. alb	P. cns
Esèce	numéro	5800 : 5804 : 5807 : 5809 : 5830 : 5831 : 5832	5833	5871 : 5872 : 5875 : 5876	5890
P. tla	5813	116	314	703	
"	5814	121	315	705	
"	5815	310	316		
"	5819	117	118	313	503
"	5820	120	119	312	502
"	5821			311	
"	5826		317		
P. alb	VLR2	704	801 : 804	501	
"	5873	803	802	602	601

P. tla = P. tremula
P. tds = P. tremuloïdes
P. grd = P. grandidentata
P. alb = P. alba
P. cns = P. x canescens

Numéros en italique soulignés = croisement entre parents de la même espèce.

TABLEAU II-4

PARENTS UTILISES POUR LES HYBRIDATIONS DE 1959 (3 604)

Parent ♀	P. tla	P. tds	P. alb
Espèce	numéro	5832	5876
P. tla	5813	5832	5876
"	5814	5832	5876
"	5815	5832	5876
"	5820	5832	5876
"	5821	5832	5876
P. tds	5538-A 31	5832	5876
"	5538-A 35	5832	5876
"	5538-A 36	5832	5876
"	5538-B 32	5832	5876
"	5538-B 35	5832	5876
"	5538-B 37	5832	5876
"	5538-C 34	5832	5876
P. alb	VLB 2	5832	5876
"	5873	5832	5876

222 - TYPES DE CROISEMENTS REALISES

En 1958, les pollinisations ont eu lieu entre le 11 février et le 4 mars, en 1959, entre le 17 février et le 21 mars. Les tableaux II-3 et II-4 indiquent les croisements dont les résultats seront analysés dans les chapitres suivants.

Pour 1958, on a tenu compte de 30 croisements différents sur les 40 réalisés. Les dix qui n'y figurent pas proviennent, soit de pollinisations qui ont échoué, soit d'une production de graines trop faible pour être incluse dans les expériences. En 1959, on a réintroduit 6 croisements de 1958 dont les graines ont été conservées sous vide en chambre froide ; ce sont les lots témoins permettant de comparer les résultats des hybridations des deux années. Il y a 18 croisements nouveaux sur les 25 réalisés. Les 8 croisements manquant ayant donné peu de graines figurent dans une autre expérience qui ne sera pas analysée ici.

Pour tous les types de croisements, nous avons adopté un code qui permet de reconnaître les espèces parentes grâce au chiffre des centaines :

TABLEAU II-5 : CODE DES CROISEMENTS

{	:	Parent ♂				}
{	:	Parent ♂				}
{	:					}
{	:					}
{	:	Parent ♀				}
{	:	tremula	trému-	grandi-	alba	}
{	:		loïdes	dentata		}
{	:					}
{	:					}
{	:	tremula.....	1.. (6)	3.. (10)	5.. (2)	7.. (9)
{	:					}
{	:	tremuloïdes.....	3.. (2)	2.. (3)	5..	8.. (2)
{	:					}
{	:	grandidentata.....	5..	5..	4..	5..
{	:					}
{	:	alba.....	7.. (2)	8.. (6)	5.. (1)	6.. (4)
{	:					}

Remarque : le chiffre entre parenthèses indique le nombre de croisements compris dans les expériences en fonction des espèces parentes.

Il faut aussi ajouter le croisement entre P. tremula ♀ et P. x canescens ♂ qui porte le n° 901.

Nous n'avons pas réalisé de croisements ni avec P. grandidentata femelle, ni entre trembles américains. L'utilisation de P. tremula femelle en grande quantité (27 sur 48) provient des difficultés à avoir des branches à fleurs femelles pour P. tremuloïdes. Les hybrides de P. tremula avec P. tremuloïdes et P. alba sont nombreux car ce sont eux qui ont donné les résultats les plus satisfaisants dans les hybridations des années précédentes.

223 - DONNEES SUR LES CONDITIONS DES PLANTATIONS

Les semis ont été effectués le 21 mars en 1958 et le 4 avril en 1959 en serre dans des caisses recouvertes de vitres selon la technique déjà décrite en 1959 (3), puis repiqués en mai à la pépinière d'Amance près de Nancy.

2231 - Type de sol du lieu de plantation

Les plants ont été installés à la fin de l'hiver qui a suivi le repiquage en pépinière, ils avaient donc 1 an. Le terrain choisi est une ancienne prairie située à 13 km au nord-est de Nancy, sur la commune de Velaine-sous-Amance entre deux forêts. Le sol est lourd et mal aéré à cause de la teneur élevée en éléments fins (70 % d'argile et de limon). La faible pente est un obstacle à l'écoulement des eaux de pluie qui ne s'infiltrent que très lentement. Le terrain est ainsi fréquemment immergé en hiver et pendant les périodes pluvieuses. Le profil révèle un horizon de pseudogley à faible profondeur (10 à 15 cm).

Par contre, en été, le plan d'eau s'abaisse jusqu'à trois mètres de profondeur les années très sèches, tandis que le sol se craquelle en surface. Les conditions d'alimentation en eau sont très défavorables à la culture des peupliers eura-méricains : sol asphyxiant au printemps, sec l'été.

2232 - Climat de la station

Le climat de la plaine lorraine est semi-continental, avec un hiver rigoureux, un printemps tardif et relativement court, des étés

.../...

soit très secs, soit fortement pluvieux. Les variations de température peuvent être brusques, les gelées printanières sont fréquentes.

La pluviosité annuelle est d'environ 700 mm ; mais sa répartition peut être irrégulière d'une année à l'autre comme l'indiquent les relevés de l'Arboretum d'Amance de 1951 à 1960 (53).

Dans les chapitres suivants, nous utiliserons les données météorologiques de la pépinière d'Amance située à 2 km de ce terrain.

2233 - Installation des plants

Les plantations ont eu lieu après une préparation du terrain qui a consisté en un labour suivi de deux passages croisés au rotavator. En 1959, on a même fait un sous-solage à l'emplacement des lignes de plants.

Les espacements choisis ont été de 2 x 2 en 1959 et 2,5 x 2,5 m en 1960 : les résultats des premières plantations avaient montré que la première densité était trop forte.

2234 - Répartition des plants dans les expériences

Etant donné le nombre inégal de plants obtenus pour chaque croisement, nous les avons répartis, en 1959, en deux expériences dans lesquelles le nombre de plants par croisement était différent. Le tableau II-6 indique la répartition des croisements pour les deux expériences de 1959 et celle de 1960. En plus, nous avons voulu comparer le comportement des peupliers de la Section Leuce aux principaux peupliers noirs utilisés en populiculture classique. Nous avons donc ajouté à la plantation 3 603 1, les trois clones suivants :

- P. x euramericana, Dode (Guinier), "Robusta" ;
- P. x euramericana, Dode (Guinier), "I 214" ;
- P. x euramericana, Dode (Guinier), "Virginiana de Nancy".

Tandis que les plants issus des croisements contrôlés étaient plantés après un an en pépinière, les clones de peupliers noirs ont été installés sous forme de grosses boutures de 40 cm de long, sachant que les trembles poussent peu la première année après plantation et qu'ainsi les peupliers noirs les auraient rattrapés à la fin de l'année.

TABLEAU II-6 : PEUPLIERS DE LA SECTION LEUCE

TYPES D'HYBRIDATIONS REALISEES DANS 3 EXPERIENCES

Espèces parentes	3 603 1		3 603 2		3 604 1	
	Nombre	Numéros	Nombre	Numéros	Nombre	Numéros
P. tla x P. tla	5	116 à 120	1	121		
P. tds x P. tds					3	201 à 203
P. tla x P. tds	6	310 à 315	4	311, 314, 316, 317	4	312, 314, 321, 322
P. tds x P. tla					2	319, 320
P. alb x P. grd	1	501	1	501		
P. tla x P. grd	2	502, 503	1	502		
P. alb x P. alb	1	601	1	602	3	601, 603, 604
P. tla x P. alb	2	702, 703	3	705, 706, 707	5	703, 708 à 710, 712
P. alb x P. tla			1	704	2	704, 711
P. alb x P. tds	4	801 à 804			3	804, 805, 807
P. tds x P. alb					2	806, 808
P. tla x P. cns	1	901			1	901

P. tla = P. tremula
P. tds = P. tremuloïdes
P. grd = P. grandidentata

P. alb = P. alba
P. cns = P. x canescens

23 - DISPOSITIFS EXPERIMENTAUX

On sait que, pour que des mesures de croissance soient comparatives, il est nécessaire d'avoir des conditions de sol homogènes, ce qui, étant donné l'espacement utilisé, est difficilement réalisable sur une grande surface. C'est pourquoi, nous avons adopté des dispositifs en blocs incomplets équilibrés qui permettent d'avoir des blocs de faibles dimensions. Le bloc, réunion de plusieurs parcelles unitaires contenant un croisement, est l'unité que l'on cherche la plus homogène possible en tenant compte de la pente du terrain et de la végétation qui s'y développe.

231 - GENERALITES SUR LES DISPOSITIFS EN BLOCS INCOMPLETS EQUILIBRES

Dans un dispositif en blocs incomplets équilibrés, le nombre de variétés par bloc est inférieur au nombre total de variétés ; de plus, chaque couple de variétés se trouve un nombre entier de fois ensemble dans un même bloc (54).

Si on désigne par :

- N le nombre total de parcelles unitaires,
- v le nombre de variétés,
- r le nombre de répétitions de chaque variété,
- b le nombre de blocs,
- k le nombre de variétés par bloc,

on peut relier ces 5 paramètres par deux égalités :

$$N = v \times r = b \times k$$

Le nombre de fois qu'un couple de variétés figure ensemble dans un même bloc est représenté par :

$$l = r (k-1) (v-1)$$

Dans le cas où l'on peut grouper plusieurs blocs en répétitions complètes, c'est-à-dire comprenant toutes les variétés également représentées, on définit une valeur r' qui représente le nombre de répétitions complètes.

.../...

232 - CARACTERISTIQUES DES DISPOSITIFS UTILISES

TABEAU II-7 : CARACTERISTIQUES DES DISPOSITIFS EXPERIMENTAUX

(	:	:	:	:	:	:	:	:	)						
(Numéro du dispositif :	v	:	r	:	r'	:	b	:	k	:	l	:	N	)	
(	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	)	
(	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	)	
(3 603 1.....	:	25	:	8	:	-	:	50	:	4	:	1	:	200	)
(	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	)	
(3 603 2.....	:	11	:	6	:	-	:	11	:	6	:	3	:	66	)
(	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	)	
(3 604 1.....	:	25	:	6	:	6	:	30	:	5	:	1	:	150	)
(	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	)	

Les deux premiers dispositifs ne comprennent pas de répétitions complètes, le troisième est un lattice équilibré (le nombre de variétés est un carré parfait, le nombre de répétitions complètes, r' , est égal à la racine carrée du nombre de variétés plus 1).

Si ces dispositifs permettent de diminuer l'hétérogénéité des blocs, grâce à de plus faibles dimensions, ils compliquent l'exécution des calculs par rapport à un dispositif en blocs complets car les variétés et les blocs ne sont plus des variables indépendantes. Le lattice équilibré est un moyen terme entre les deux dispositifs ; son interprétation reste possible même en supprimant des répétitions complètes. Mais le fait que le nombre de variétés doit être un carré parfait limite son utilisation.

233 - REPARTITION DES VARIETES DANS LES BLOCS

La répartition des variétés à l'intérieur de chaque bloc se fait selon des règles décrites par COX et COCHRAN (55) et FISHER et YATES (56).

Sur le terrain, on répartit les blocs au hasard sur les emplacements prévus en fonction des conditions écologiques et, à l'intérieur des blocs, les variétés sont aussi disposées au hasard.

Le nombre de plants par parcelle unitaire et le nombre de plants par variété sont les suivants :

.../...

TABLEAU II-8

OBSERVATIONS EFFECTUEES DE 1959 A 1970

Expériences 3 603 1 et 3 603 2

Caractères étudiés	ANNEES											
	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
Débourrement.....		X	X					X	X	X	X	
Survie.....	X	X	X	X	X	X	X	X	X			
Hauteur.....	X		X			X		X	X	X	X	X
Circonférence.....				X	X	X	X	X	X	X	X	X
Parasitisme.....			X		X			X	X			
Floraison.....					X	X	X	X				
Divers.....					X			X				

Expérience 3 604 1

Caractères étudiés	ANNEES											
	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	
Débourrement.....		X					X	X	X	X		
Survie.....	X	X	X	X	X	X	X	X				
Hauteur.....					X		X	X		X		
Circonférence.....				X	X	X	X	X	X	X	X	X
Parasitisme.....							X					
Floraison.....				X	X	X	X					
Divers.....							X	X				

3 603 1 :	10	plants	par	parcelle	unitaire	et	80	par	variété,
3 603 2 :	8	"	"	"	"	"	48	"	" ,
3 604 1 :	6	"	"	"	"	"	36	"	" .

Chaque expérience est entourée d'une ligne de bordure afin d'éliminer les effets de lisière. Les plants de bordure sont de la même variété que celle des plants de la parcelle unitaire la plus voisine, comme on peut le voir sur le plan de l'expérience 3 603 1.

24 - OBSERVATIONS EFFECTUEES

Différentes observations ont été effectuées sur les variétés expérimentées. Elles sont de natures différentes : étude de la survie, observations phénologiques, mesures de croissance, dégâts dus aux parasites, observations sur la floraison.

Le tableau II-8 donne un relevé de ces observations.

25 - INTERPRETATION DES RESULTATS

Nous avons utilisé des méthodes différentes pour l'exploitation des résultats suivant que l'on avait affaire à des caractères quantitatifs ou qualitatifs.

251 - CARACTERES QUANTITATIFS

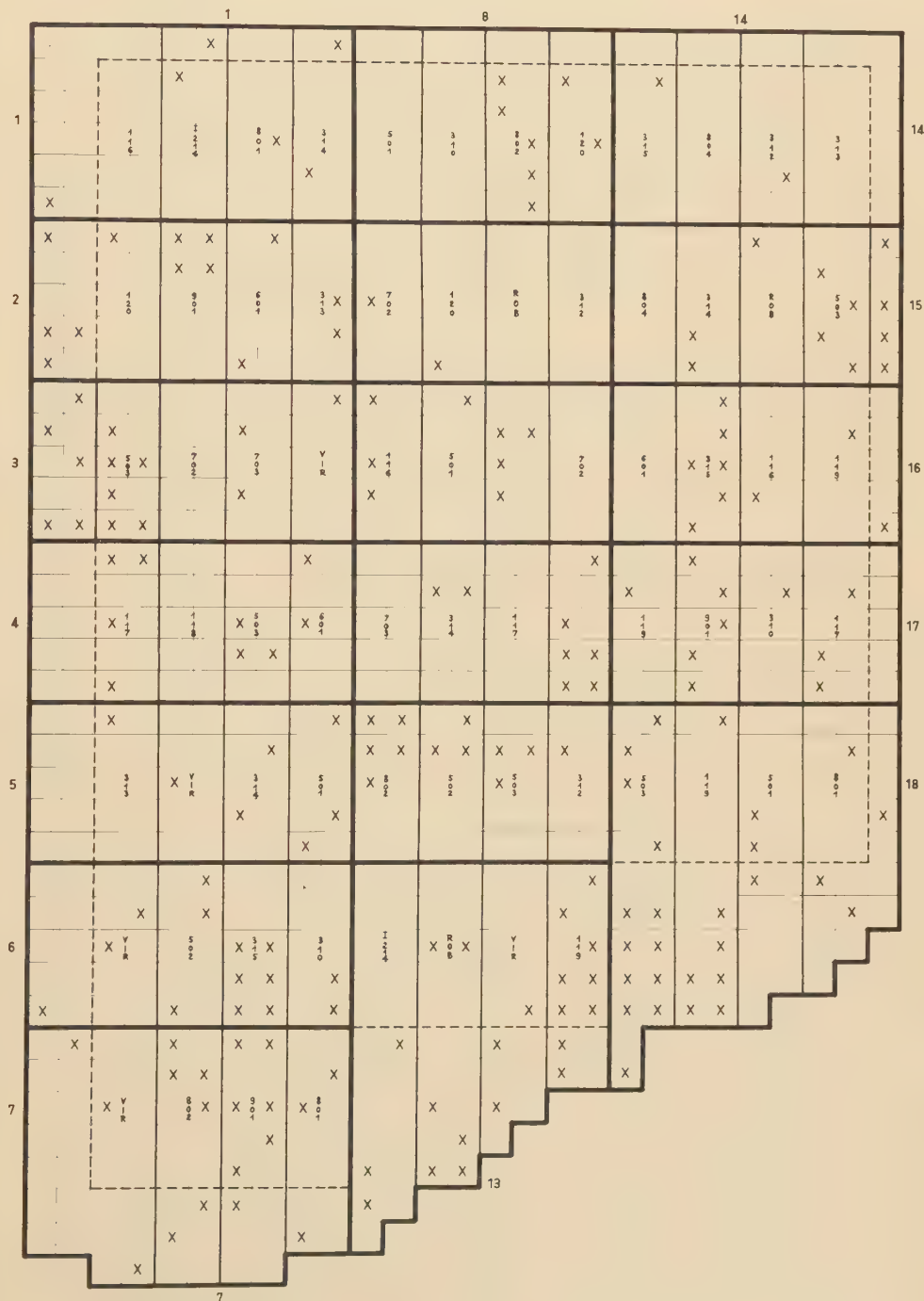
Nous avons pris pour l'exploitation des mesures les moyennes des parcelles unitaires calculées à partir, soit des variables brutes, soit des variables transformées afin de suivre la loi normale de LAPLACE-GAUSS. Les calculs ont été exécutés, en tenant compte du dispositif expérimental en blocs incomplets équilibrés, sur un calculateur électronique pour lequel nous avons rédigé nous-même les programmes.

Nous avons utilisé pour l'analyse de variance, la méthode introduite par YATES et décrite par VESSERAU (54) qui tient compte de l'information entre blocs. L'erreur qui affecte la comparaison de deux résultats n'est pas la même si les deux résultats proviennent de même bloc ou de blocs différents. Le carré de chaque résidu est alors pondéré de façon inversement proportionnelle à sa variance. Les moyennes

3 603 1

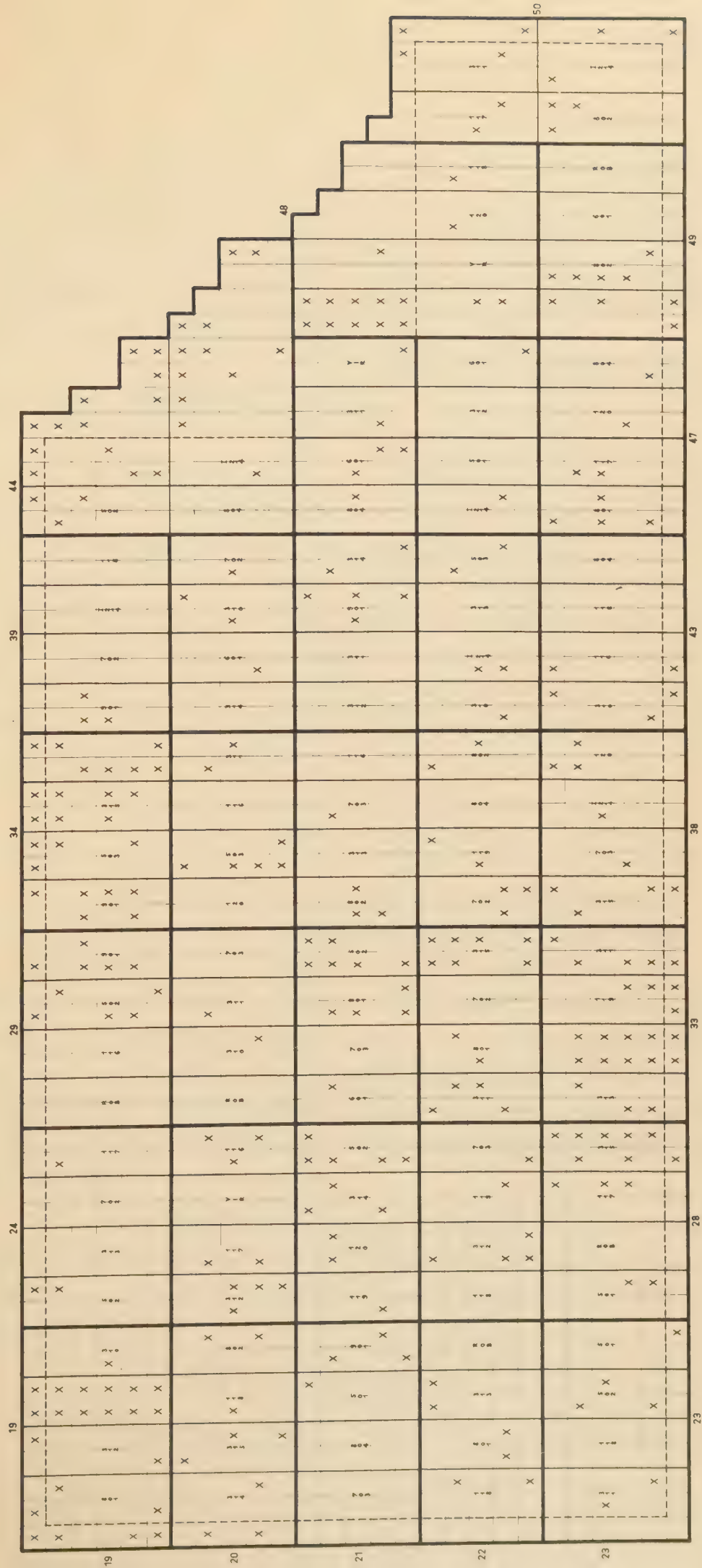
A **PLANTATION COMPARATIVE DE PEUPLIERS S^{ons} LEUCE ET AIGEIROS**

VELAINE EXPERIENCE PRINCIPALE .1959P.



03 1 PLANTATION COMPARATIVE SECTIONS LEUCE ET AIGEIROS (1959 P)

VELAINE EXPERIENCE PRINCIPALE (1959 P)



des variétés sont ajustées en tenant compte de cette pondération, ce qui permet de compenser les inégalités de fertilité existant entre les blocs. La comparaison entre les variances, permettant de mettre en évidence les différences entre les variétés, se fait à l'aide du test de F. de SNEDECOR. S'il y a des différences entre variétés, on emploie le test de DUNCAN pour les comparer deux à deux (57).

252 - CARACTERES QUALITATIFS

Les observations de ce type sont en général exprimées par une note qui est une variable discontinue ne pouvant être distribuée selon la loi normale de LAPLACE-GAUSS (la distribution est d'ailleurs toujours limitée à ses deux extrémités). Les caractères qualitatifs que nous avons étudiés ne sont que faiblement influencés par le milieu et nous avons pu ne pas tenir compte du dispositif expérimental et regrouper les observations des différentes répétitions. Nous avons donc été amenés à utiliser des méthodes d'analyse des résultats qui diffèrent de celle exposée ci-dessus.

2521 - Critérium 2 I de l'information

Cette méthode statistique présentée en 1965 par DUFRENOY (58), a été décrite en détail par ARBONNIER (59). Elle permet de comparer des dénombrements de deux ou plusieurs échantillons suivant plusieurs classes de mesures. On recherche si ces échantillons sont extraits ou non d'une même population multinomiale. Il existe une information minimale de discrimination qui est distribuée comme le critérium de Chi carré qui contient deux hypothèses : celle sur l'homogénéité des échantillons, que nous recherchons, et celle sur les probabilités de classes communes aux 2 échantillons.

Les calculs se ramènent à l'application d'une formule dont tous les termes sont de la forme $n \log n$ qui peuvent être lus directement dans une table ; celle-ci nous a été fournie par la Station de Biométrie du C. N. R. F.

La formule est la suivante :

$$I = \sum_i \sum_j n_{ij} \log n_{ij} + N \log N - \sum_j n_j \log n_j - \sum_i n_i \log n_i$$

où S signifie : somme de,

N est le nombre total d'observations,

n_{ij} est l'effectif de l'échantillon i pour la classe j,

n_i est le nombre total d'observations de l'échantillon i,

n_j est le nombre total d'observations de la classe j.

2522 - Coefficient de corrélation de rang de SPEARMAN

Ce coefficient de corrélation permet d'étudier s'il y a ou non une liaison entre les rangs de classement de plusieurs variétés pour deux mesures différentes (60).

On calcule le coefficient de corrélation selon la formule suivante :

$$r = 1 - \frac{6 S d^2}{(n^3 - n)}$$

où S signifie : somme de,

n est le nombre de variétés,

d est la différence entre les deux rangs de classement de chaque variété.

On recherche ensuite dans une table si le coefficient de corrélation est différent ou non de zéro au seuil choisi (61).

2523 - Corrélations multiples entre plusieurs caractères

Nous utilisons cette méthode utilisée par JANSON (62) pour mettre en évidence les liaisons existant entre plusieurs caractères représentés par des notes. On établit un tableau comprenant la liste de toutes les combinaisons possibles des notes de chaque caractère, et, en face, l'effectif observé et l'effectif calculé pour chaque combinaison. On effectue alors un test de Chi carré, à 1 degré de liberté, entre l'effectif calculé et l'effectif observé.

CHAPITRE III

DEBOURREMENT

DES

DIFFERENTES FAMILLES

31 - INTERET DE L'ETUDE DU DEBOURREMENT

Le débourrement des bourgeons à bois est un caractère qui est intéressant à étudier, car il est peu influencé par le milieu, si ce n'est les variations de température au printemps, et qu'ainsi il permet un classement régulier d'une année sur l'autre des différents individus d'une même espèce. Il est donc utilisé fréquemment comme critère d'identification, comme c'est le cas pour les clones de peupliers (1). Mais, comme c'est un caractère plus facile à observer que d'autres et cela précocement, l'étude des liaisons entre le débourrement et d'autres caractères peut permettre d'orienter rapidement la sélection dans un sens favorable. BOUVAREL et LEMOINE (63) ont trouvé, par exemple, une corrélation positive entre précocité du débourrement et dégâts de gelée tardive chez l'épicéa : la sélection d'épicéa tardif peut permettre d'éviter des dégâts aux reboisements en plaine. Par contre, ils signalent une corrélation négative entre débourrement et attaques de nématodes ; cette liaison ayant toutefois une importance économique moindre, par suite d'une fréquence plus faible des dégâts et des moyens simples dont on dispose actuellement pour combattre les nématodes.

L'action de la température sur le débourrement peut expliquer que, suivant les années, la feuillaison a lieu à des dates différentes pour un même individu. DURAND étudie l'action de la température sur le développement des plantes (64). Il compare diverses méthodes d'évaluation des quantités de température nécessaires à la croissance : somme des températures et somme des coefficients de température, Q_{10} . La méthode du Q_{10} employée par les biologistes découle du fait que les plantes sont le siège de réactions chimiques et que la vitesse de ces réactions est multipliée par un facteur constant, le Q_{10} , quand la température augmente de 10° , selon l'hypothèse de ARRHENIUS. Il conclut que la deuxième méthode est préférable pour les températures basses que l'on rencontre au moment du débourrement, alors que la somme des températures convient mieux pour des températures plus élevées.

Nous étudierons ici différentes méthodes d'observations des débournements, puis le classement des différentes familles entre elles sur plusieurs années. L'utilisation du coefficient de température, Q_{10} , nous permettra ensuite de transformer les observations qualitatives en caractère quantitatif.

32 - METHODES DE MESURE

Deux méthodes de mesure ont été utilisées pour apprécier les différences entre les dates de débourrement des croisements expérimentés.

La première consiste, au cours d'une visite dans la plantation, à noter différents stades de développement des bourgeons et des pousses, arbre par arbre.

Dans la deuxième, on parcourt plusieurs fois la plantation à l'époque du débourrement et on ne note chaque fois que les arbres ayant atteint un stade précis de débourrement.

Nous avons utilisé la première méthode pour les observations de 1960, 1961, et 1965 et la deuxième méthode en 1966, 1968 et 1969. En 1967, nous avons combiné les deux méthodes, c'est-à-dire qu'à chaque date de passage dans la plantation, nous avons noté pour chaque arbre son stade d'évolution.

321 - TECHNIQUES DE NOTATION

3211 - Première méthode

Les différents stades de développement des bourgeons et des pousses ont été exprimés par une notation de 0 à 5, selon l'échelle ci-dessous :

- 0 = bourgeon fermé,
- 1 = bourgeon gonflé,
- 2 = feuilles apparentes au sommet du bourgeon,
- 3 = feuilles dégagées du bourgeon, mais encore repliées,
- 4 = une partie des feuilles est dépliée,
- 5 = presque toutes les feuilles sont dépliées.

Ce type de notation présente plusieurs inconvénients :

- L'appréciation des différents stades de développement est assez subjective : on a parfois des hésitations pour noter un arbre à un stade ou à un stade voisin. Il est donc indispensable que les observations soient faites par une même personne dans une série de mesures.

- Il est certain aussi qu'une même note extrême affectée à plusieurs arbres peut correspondre, ultérieurement, à des stades diffé-

rents pour ces arbres. Par exemple, on sait que pendant l'hiver tous les arbres sont au stade 0, et que si on effectue la notation alors que peu d'arbres ont débourré, parmi les autres, il y en a certains qui seront toujours à ce stade à une date ultérieure, alors que d'autres auront débourré.

- Il faut aussi faire la notation à une date qui permette la meilleure différenciation entre les croisements. Si on fait les observations trop tôt, on risque de ne pas voir d'écarts significatifs entre les croisements les plus tardifs et, inversement, si les observations sont trop tardives, ce sont les croisements les plus précoces qui semblent avoir débourré au même moment.

- Enfin, le temps qui s'écoule entre le passage d'un stade au suivant dépend du climat et n'est pas le même entre les différents stades. Une moyenne des notations de plusieurs arbres d'un croisement n'a pas vraiment de signification.

Ce type de notation est quand même utile, car il peut se faire en une seule visite dans une plantation, ce qui est seul utilisable quand la plantation est éloignée du lieu d'implantation du laboratoire. On verra d'ailleurs dans le paragraphe suivant qu'il existe une méthode mathématique qui permet de tirer parti de ce type de notation : le critère 2 I de l'information.

3212 - Deuxième méthode

C'est le stade 2 (feuilles apparentes au sommet du bourgeon) qui a été choisi pour exprimer qu'un arbre est débourré. A chaque visite de la plantation, on note les arbres qui ont atteint ce stade depuis la dernière visite. En 1966 et 1968, on a parcouru 8 fois chaque plantation au moment du débourrement et 10 fois en 1969. Pour tenir compte des variations dans la vitesse de débourrement dues aux écarts de température d'un jour à l'autre, les observations ont été plus rapprochées quand la température était élevée et espacées dans le cas contraire. Il y a six ou sept semaines entre le début et la fin du débourrement.

Cette méthode demande un grand nombre d'heures de travail sur le terrain, bien que les dernières visites soient assez rapides quand il reste moins de 10 % des arbres à examiner. Il est indispensable d'être à proximité immédiate de la plantation afin de pouvoir faire rapidement une

observation dès qu'un changement notable se produit dans le nombre d'arbres débourrés pour certains croisements. A cet effet, une collection de clones de peupliers de la Section Leuce, se trouvant à proximité des plantations, permettait de savoir rapidement si une mesure était nécessaire ou pouvait être différée ; le débourrement de ces clones est étudié depuis 1955.

L'avantage de cette méthode est de bien situer dans le temps le débourrement de tous les arbres et de permettre de comparer les croisements soit avec le critère 2 I, comme pour la méthode précédente, soit par le pourcentage de plants débourrés en choisissant la date où on peut avoir les meilleures différences entre les croisements.

3213 - Méthode combinée

Nous ne l'avons utilisée qu'en 1957, en faisant la notation complète à cinq dates différentes. Cette méthode évite une partie des inconvénients des deux autres méthodes, mais surtout, elle permet de les comparer et de savoir s'il existe des différences dans la vitesse de débourrement des croisements expérimentés.

322 - PARTIE DE L'ARBRE OBSERVE

Chez les peupliers, le débourrement commence souvent par le bourgeon terminal et en général par les branches de la cime. Le bourgeon terminal ne pouvait être choisi, à la fois parce que sa notation est impossible quand il est absent et parce qu'il est difficile à observer quand l'arbre dépasse une certaine hauteur. Nous avons donc choisi de noter le débourrement des bourgeons latéraux de la pousse terminale, en considérant qu'un stade de débourrement est atteint quand, au moins, trois bourgeons ont atteint ce stade. Quand il n'y a pas de pousse terminale, on juge les bourgeons de la pousse latérale de la cime la plus vigoureuse.

Les observations ont été faites à l'oeil nu pour les petits arbres et grâce à des jumelles pour les grands arbres.

33 - ANALYSE DU DEBOURREMENT

Nous avons utilisé le critère 2 I de l'information pour l'exploitation des résultats. Nous avons pu ainsi séparer les familles en fonc-

tion de la précocité de leur débourrement et grouper ensemble celles qui débourrent à la même date. Il faut cependant remarquer que le critère 2 I de l'information permet de différencier d'une part des familles dont la date de débourrement est significativement différente, d'autre part, des familles débourrant en même temps, mais dont la dispersion du débourrement n'est pas la même : c'est en particulier le cas pour les familles, qui sont issues de croisements artificiels et qui possèdent une variabilité génétique, opposées aux clones de peupliers noirs dont la variabilité génétique est nulle. C'est pourquoi nous avons exclu les trois clones de peupliers noirs des calculs figurant dans ce chapitre.

331 - HOMOGENEITE ENTRE LES REPETITIONS

Etant donné que le débourrement est un caractère peu influencé par le milieu, nous pouvons penser qu'il n'y a pratiquement pas de différences de micro-climat entre les parcelles unitaires d'une même famille et qu'il est légitime de regrouper les répétitions en une distribution unique pour chaque famille et chaque expérience.

Nous avons cependant recherché, pour chaque expérience, quel était le seuil de signification du test de "chi carré" que nous pourrions adopter pour les comparaisons entre familles de façon à ce qu'il n'y ait pas de différences significatives pour ce test entre les répétitions de chaque famille.

Un exemple des calculs effectués pour vérifier l'homogénéité entre les répétitions va nous permettre de présenter la méthode du critérium 2 I de l'information. On a choisi pour cet exemple le débourrement en 1961 de la famille 311 dans l'expérience 3 603 2.

Le tableau III-1 indique la répartition des notes de débourrement entre les répétitions pour la famille 311. Le faible effectif par parcelle unitaire conduit à une répartition plus ou moins bonne entre les répétitions. Le calcul du critère 2 I figure dans le tableau III-2, selon la formule indiquée au chapitre II.

.../...

TABLEAU III-1

FAMILLE 311, NOTES DE DEBOURREMENT LE 25-04-1961

Numéro du bloc	NOTES				x_j
	2	3	4	5	
51		5	3		8
52	2	3	1	1	7
54	1	6	1		8
56	3	4	1		8
57	1	2	4	1	8
58	1	3	3	1	8
x_i	8	23	13	3	47

TABLEAU III-2

CALCUL DU CRITERIUM 2 I

Termes de la formule	Valeurs positives	Valeurs négatives
$S_i S_j x_{ij} \text{ Log } x_{ij}$	49,1398	
$N \text{ Log } N$	180,9569	
$S_j x_j \text{ Log } x_j$		96,7989
$S_i x_i \text{ Log } x_i$		125,3920
Totaux	230,0967	222,1909
$\hat{I} (p^* : \hat{p})$	7,9058	
2 I	15,8116	

Comme on a 6 répétitions et 4 notes différentes, on a $(6-1) (4-1) = 15$ degrés de liberté. Pour une valeur de 2 I égale à 15,8116, on trouve dans la table de "chi carré" une probabilité d'environ 39 % : ce qui signifie qu'on a 39 chances sur 100 pour que les répétitions soient homogènes.

Le tableau III-3 donne les valeurs de 2 I pour toutes les familles de l'expérience 3 603 2 pour l'année 1960, ainsi que les degrés de liberté et la probabilité du "chi carré" correspondants. Le nombre de degrés de liberté indique une plus ou moins grande homogénéité des familles pour le débourrement, sauf dans le cas où la fréquence de la note 5 est élevée, c'est le cas des familles 316, 317 et 602. Les probabilités du "chi carré" sont aussi variables de 0,39 à 0,012, cela est dû au faible effectif des répétitions.

TABLEAU III-3

HOMOGENEITE ENTRE LES REPETITIONS, DEBOURREMENT DU 25-04-1961

(	Numéro des	:	Valeurs	:	Degrés de	:	Probabilité du	)
(	familles	:	de 2 I	:	liberté	:	"chi carré"	)
(		:		:		:		)
(		:		:		:		)
(	121	:	12,7550	:	10	:	0,23	)
(		:		:		:		)
(	311	:	15,8116	:	15	:	0,39	)
(		:		:		:		)
(	314	:	23,6488	:	15	:	0,07	)
(		:		:		:		)
(	316	:	14,0414	:	10	:	0,17	)
(		:		:		:		)
(	317	:	14,2842	:	5	:	0,012	)
(		:		:		:		)
(	501	:	10,9240	:	10	:	0,35	)
(		:		:		:		)
(	502	:	14,4580	:	10	:	0,15	)
(		:		:		:		)
(	602	:	7,9858	:	5	:	0,15	)
(		:		:		:		)
(	704	:	16,7908	:	15	:	0,32	)
(		:		:		:		)
(	705	:	18,6134	:	15	:	0,23	)
(		:		:		:		)
(	706	:	14,1026	:	10	:	0,16	)
(		:		:		:		)

On peut retenir de ce tableau que le choix d'un seuil de pro-

.../...

babilité de 0,01 permet de considérer les répétitions comme homogènes pour chaque famille de l'expérience 3 603 2. On a vérifié qu'il en était de même pour les deux autres dispositifs expérimentaux. C'est donc ce seuil de 0,01 qui sera utilisé pour les comparaisons entre familles.

332 - COMPARAISON DES DEUX METHODES DE MESURE

Les observations de l'année 1967 ont été faites selon les deux méthodes.

3321 - Expérience 3 603 2

Pour l'expérience 3 603 2, on a fait 7 visites de la plantation en notant le débourrement de 0 à 5, arbre par arbre à chaque visite. On va donc comparer les classements du débourrement des familles obtenus, d'une part à partir du nombre d'arbres ayant atteint le stade 2 depuis la visite précédente, d'autre part en considérant les notations mises de 0 à 5 pour 3 visites.

Les classements obtenus sont assez voisins dans les 4 cas (tableau III-4). On a essayé de les comparer en utilisant le coefficient de corrélation de rangs de Spearmann qui se calcule de la façon suivante :

$$r = 1 - 6 Sd^2 / n (n^2 - 1)$$

où Sd^2 est la somme des carrés des différences de rangs obtenues par la même famille et n est le nombre total de familles classées.

Les coefficients de corrélation de rangs, pour les classements pris deux à deux, figurent dans le tableau III-5. Ils sont tous significatifs au seuil de 1 pour 1 000. On peut donc en conclure qu'il y a une forte liaison entre les 4 classements. On peut remarquer que la corrélation entre le classement au stade 2 et celui de la notation du 4 mai est plus élevée qu'avec les 2 autres notations, ce qui nous indique quelle est la période la plus favorable pour faire un classement par notation de 0 à 5.

Nous avons présenté le classement des familles dans le tableau III-4 en séparant les types de croisements en 3 catégories. Pour chaque catégorie, les classements sont identiques pour les comptages au stade 2 et la notation du 4 mai, les faibles différences qui existent entre les autres classements sont dues à des vitesses de développement qui varient suivant les types de croisements, variations accentuées au prin-

temps 1967 par deux fortes baisses de température à la fin du mois d'avril et au début du mois de mai qui ont ralenti plus particulièrement le développement des croisements dont un des parents est un peuplier blanc.

TABLEAU III-4
COMPARAISON DES CLASSEMENTS POUR LE DEBOUREMENT
(expérience 3 603 2)

(		:		:		:		:		)
(	Stade 2	:	19-4	:	4-5	:	11-5	:		)
(		:		:		:		:		)
(		:		:		:		:		)
(	316	:	316	:	316	:	317	:		)
(	317	:	314	:	317	:	316	:		)
(	705	:	317	:	314	:	314	:		)
(	314	:	705	:	705	:	311	:		)
(	311	:	501	:	311	:	705	:		)
(	501	:	704	:	501	:	704	:		)
(	704	:	311	:	704	:	501	:		)
(	602	:	602	:	602	:	121	:		)
(	121	:	121	:	121	:	707	:		)
(	707	:	707	:	707	:	706	:		)
(	706	:	706	:	706	:	602	:		)
(	502	:	502	:	502	:	502	:		)
(		:		:		:		:		)

TABLEAU III-5
CORRELATIONS DE RANGS ENTRE CLASSEMENTS
(expérience 3 603 2)

(		:		:		:		:		)
(		:	19-4	:	4-5	:	11-5	:		)
(		:		:		:		:		)
(		:		:		:		:		)
(	Stade 2	:	0,957	:	0,972	:	0,923	:		)
(		:		:		:		:		)
(	19-4	:	-	:	0,951	:	0,888	:		)
(		:		:		:		:		)
(	4-5	:	-	:	-	:	0,972	:		)
(		:		:		:		:		)

TABLEAU III-6

CORRELATIONS DE RANGS ENTRE CLASSEMENTS AU STADE 2 ET DIFFERENTES
DATES DE NOTATION (autres expériences)

[	:	:	:	:	:	]				
[	Expériences	:	13-4	:	20-4	:	5-5	:	11-5	]
[	:	:	:	:	:	:	:	:	:	]
[	:	:	:	:	:	:	:	:	:	]
[	3 603 1	:	-	:	0,964	:	0,975	:	0,848	]
[	:	:	:	:	:	:	:	:	:	]
[	3 604 1	:	0,941	:	0,956	:	0,859	:	-	]
[	:	:	:	:	:	:	:	:	:	]

3322 - Expériences 3 603 1 et 3 604 1

Ces résultats sont aussi valables pour les 2 autres expériences. Les corrélations de rang entre le classement des comptages au stade 2 et le classement des notations à différentes dates sont aussi significatifs au seuil de 1 pour mille (tableau III-6). On peut conclure de ces fortes liaisons entre les classements qu'il est possible d'utiliser une méthode ou l'autre pour étudier le débourrement en ayant soin de choisir, dans le cas de notation de 0 à 5, la période la plus favorable qui correspond au débourrement moyen de la famille moyenne : au début mai pour l'expérience 3 603 1, autour du 20 avril pour l'expérience 3 604 1.

La comparaison des classements pour ces deux expériences, figurant au tableau III-7, montre qu'il n'y a aucune variation de classement dans les catégories de croisements indiquées pour l'expérience 3 603 1, alors qu'il y a quelques inversions pour l'expérience 3 604 1. Il faut tenir compte des effectifs faibles par famille dans cette dernière, ce qui suffit à expliquer des modifications de classement pour des familles débouillant presque en même temps.

333 - ETUDE DU DEBOURREMENT DES FAMILLES COMMUNES AUX 3 EXPERIENCES

Le problème posé est de savoir si on peut utiliser des familles témoins figurant dans plusieurs dispositifs expérimentaux et par l'intermédiaire desquelles on pourrait comparer entre elles des familles représentées dans des expériences différentes. Deux cas sont présentés ici :

On utilise deux échantillons de plants de la même famille issus d'un même semis dans une seule pépinière et on les met dans deux dis-

TABEAU III-7

COMPARAISON DES CLASSEMENTS POUR LE DEBOUREMENT EN 1967

Expérience 3 603 1		Expérience 3 604 1	
Stade 2	4-5	Stade 2	20-4
802		203	203
313	313	808	202
804	802	806	201
310	310	807	807
314	314		805
	804	202	808
501	315	805	
801		201	320
315	801		806
		319	
702	501	320	319
		804	314
118			321
312	312	321	
311	311	314	804
703	703	703	322
601	601	322	
			703
119			604
117	503	712	
		710	712
503		709	710
		704	709
901			312
116		312	
120	502		704
502			603
		603	601
		601	
		708	708

positifs différents (familles 311, 314, 501, 502 dans les expériences 3 603 1 et 3 603 2).

Une partie des graines obtenues a été conservée en chambre froide et a été semée une autre année (familles 312, 314, 601, 703, 704, et 804). Pour effectuer des comparaisons, nous avons choisi les notations de 1967 en prenant pour chaque famille la date permettant la meilleure répartition des notes, c'est-à-dire en évitant une trop forte fréquence de plants pour une note extrême 0 ou 5 (tableau III-8).

3331 - Dispositifs installés la même année

Bien que les observations aient été faites avec un jour de décalage, on ne trouve pas de différence significative au seuil de 1 % que nous avons choisi précédemment, dans le test du critère de 2 I. On peut donc considérer que les deux échantillons de chaque famille représentent bien la même population et que ces familles peuvent être prises comme témoins.

3332 - Dispositifs installés des années différentes

Dans ce cas aussi, il y a un jour de décalage entre les observations. Seule la famille 703 montre une différence entre les deux échantillons étudiés dans les expériences 3 603 1 et 3 604 1. Mais la probabilité observée est de 7 pour mille, assez voisine du seuil fixé. On peut cependant en conclure que, dans ce cas aussi, l'utilisation de familles témoins permet de comparer des familles figurant dans des dispositifs installés des années différentes.

334 - CLASSEMENT GENERAL DES FAMILLES POUR LE DEBOURREMENT

Ce classement a été fait expérience par expérience pour toutes les années d'observations. Les familles ont été rassemblées chaque année en groupes homogènes en utilisant le test du critère 2 I de l'information. Pour les années 1960 et 1961, les plants ont été notés de 0 à 5 en une visite, pour les autres années, on a compté les plants ayant atteint le stade 2 depuis la visite précédente.

.../...

COMPARAISON DES DEBOURREMENTS DES FAMILLES COMMUNES

A 2 OU 3 EXPERIENCES (1967)

Numéro de la famille	Numéro de l'expérience	Dates des mesures	Notes						2 I	Prob. du Chi carré
			0	1	2	3	4	5		
311	3 603 1	4-5/5	4	9	7	28	18			
	3 603 2	4/5	3	6	7	18	12	2	4,0702	0,52
501	3 603 1	4-5/5	1	5	20	27	17	2		
	3 603 2	4/5	2	10	25	13	6	4	13,0274	0,023
502	3 603 1	11/5	13	16	7	9	7	3		
	3 603 2	11/5	7	8	8	5	1		6,8116	0,22
314	3 603 1	4-5/5	1	1	5	10	25	11		
	3 603 2	4/5		3	2	5	12	10		
	3 604 1	5/5	3		2	3	6	9	15,1292	0,13
312	3 603 1	4-5/5	2	5	17	31	16			
	3 604 1	5/5		1	5	10	8	3	10,0820	0,07
601	3 603 1	11/5	2	4	23	30	20			
	3 604 1	12/5			10	7	9		5,2356	0,26
703	3 603 1	4-5/5	1	13	21	34	7			
	3 604 1	5/5	1	1	6	23	11		14,1250	0,007
804	3 603 1	19-20/4	7	25	23	16	7			
	3 604 1	20/4	1	5	19	11	6		10,0392	0,04
704	3 603 2	4/5	4	13	11	10	6			
	3 604 1	5/5	2	1	7	6	4		5,9690	0,20

Les tableaux III-11, III-12 et III-13 donnent le classement des débourrements pour les 3 expériences en commençant par les familles les plus précoces. Ce classement a été obtenu en tenant compte du plus ou moins grand nombre d'années pour lesquelles chaque famille a eu la même précocité de débourrement qu'une ou plusieurs familles. Les chiffres 0, 1, 6, 7, 8, 9 représentent les années où 2 familles se sont trouvées dans le même groupe pour le débourrement.

3341 - Expérience 3 603 1

Le classement des différentes familles, année par année, est indiqué dans le tableau III-9 en séparant les types de croisement et en réunissant par un trait vertical les familles qui ne sont pas significativement différentes au seuil de 1 % avec le test du critérium 2 I. La famille 803, nettement plus précoce que les autres, ne figure que pour les mesures de 1960 et 1961 ; il ne restait plus de plants vivants en 1966.

On peut faire plusieurs remarques à partir de ces résultats :

- Le classement des familles entre elles varie d'une année à l'autre ;
- Le classement pour un même type de croisement est pratiquement toujours le même, sauf quand certaines familles ont des dates de débourrement voisines et que les familles de chaque type sont relativement groupées ;
- Les groupes de famille ayant débourré en même temps ne sont pas les mêmes tous les ans.

On peut essayer d'apporter certaines explications à ces résultats qui semblent en contradiction avec la fidélité que l'on reconnaît souvent au débourrement.

S'il y a des variations de classement entre les familles, ces variations sont faibles, comme on peut le constater d'après les chiffres du tableau II'-10 qui donne les corrélations de rang pour les 6 années.

En effet, tous les coefficients sont élevés et significatifs au seuil de 1 %.

.../...

CLASSEMENT DES DEBOURREMENTS DE L'EXPERIENCE 3 603 1

1 9 6 0	1 9 6 1	1 9 6 6
803	803	
802	802	802
804	804	804
501	601	801
310	801	310
601	315	314
801	310	313
314	501	315
703	314	702
313	313	501
315	703	703
702	311	601
311	312	118
118	702	311
312	118	312
503	119	503
119	901	119
117	117	117
901	503	901
116	116	116
502	120	502
120	502	120

1 9 6 7	1 9 6 8	1 9 6 9
802	802	802
313	804	804
804	313	313
310	314	314
314	310	315
501	801	501
315	315	310
801	501	801
702	702	702
118	312	703
312	703	311
311	311	312
703	118	601
119	601	118
601	503	503
117	119	119
503	117	117
901	502	116
116	901	901
120	116	502
502	120	120

TABLEAU III-10
CORRELATIONS DE RANG DU DEBOURREMENT

(	:	:	:	:	:	:	)					
(	Années	:	1960	:	1961	:	1966	:	1967	:	1968	)
(	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	)
(	-----	:	-----	:	-----	:	-----	:	-----	:	-----	)
(	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	)
(	1961	:	0,96	:	:	:	:	:	:	:	:	)
(	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	)
(	1966	:	0,92	:	0,90	:	:	:	:	:	:	)
(	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	)
(	1967	:	0,85	:	0,82	:	0,93	:	:	:	:	)
(	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	)
(	1968	:	0,88	:	0,85	:	0,96	:	0,97	:	:	)
(	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	)
(	1969	:	0,89	:	0,87	:	0,95	:	0,96	:	0,98	)
(	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	)

Les coefficients de corrélation sont plus faibles entre les années 1960 et 1961 qui suivent l'année de plantation et les autres années, que pour ces années entre elles. La raison principale en revient à la famille 601 (alb x alb) qui a une croissance médiocre et qui dès 1966 a été dominée par les autres familles. Le coefficient de corrélation de 0,96 entre les années 1960 et 1961 laisse penser que la crise de transplantation n'a pas affecté le débourrement.

Les hybrides alba x tremuloïdes (8..) sont les plus précoces, ils se classent toujours dans le même ordre. Les hybrides tremula x tremuloïdes (3..), en moyenne un peu moins précoces, forment deux groupes que l'on distingue facilement en comptant le nombre d'années où les familles ont débourré en moyenne en même temps (tableau III-11). L'hybride alba x grandidentata (501) a une précocité voisine de celle du groupe précédent le plus précoce. Les deux hybrides tremula x alba (7..) ont un débourrement moyen, mais ont des distributions différentes. Enfin les hybrides tremula x grandidentata et les tremula purs sont les plus tardifs.

Mais les groupes de même précocité que nous avons formés chaque année changent. Est-ce dû à la méthode de calcul utilisée, le critérium 2 I de l'information ? Un peu peut-être, car ce test est sensible à des différences de distribution et la fréquence des observations d'une part, et la méthode de notation d'autre part, n'ont pas été identiques d'une année à l'autre. Quand on passe faire une observation, on note les plants qui ont débourré depuis l'observation précédente, or certains d'en-

TABLEAU III-12 CLASSEMENT DES DEBOURREMENTS DE L'EXPERIENCE 3 603 2

[illegible]

tre eux viennent de débourrer alors que d'autres ont débourré juste après l'observation précédente. Il suffit d'un décalage dans la fréquence des mesures pour que des plants, ayant la même note une année, en aient une différente, mais voisine une autre année.

La date de débourrement est fonction de la température au printemps et même un peu avant, car il y a une évolution physiologique des bourgeons pendant toute la saison de repos.

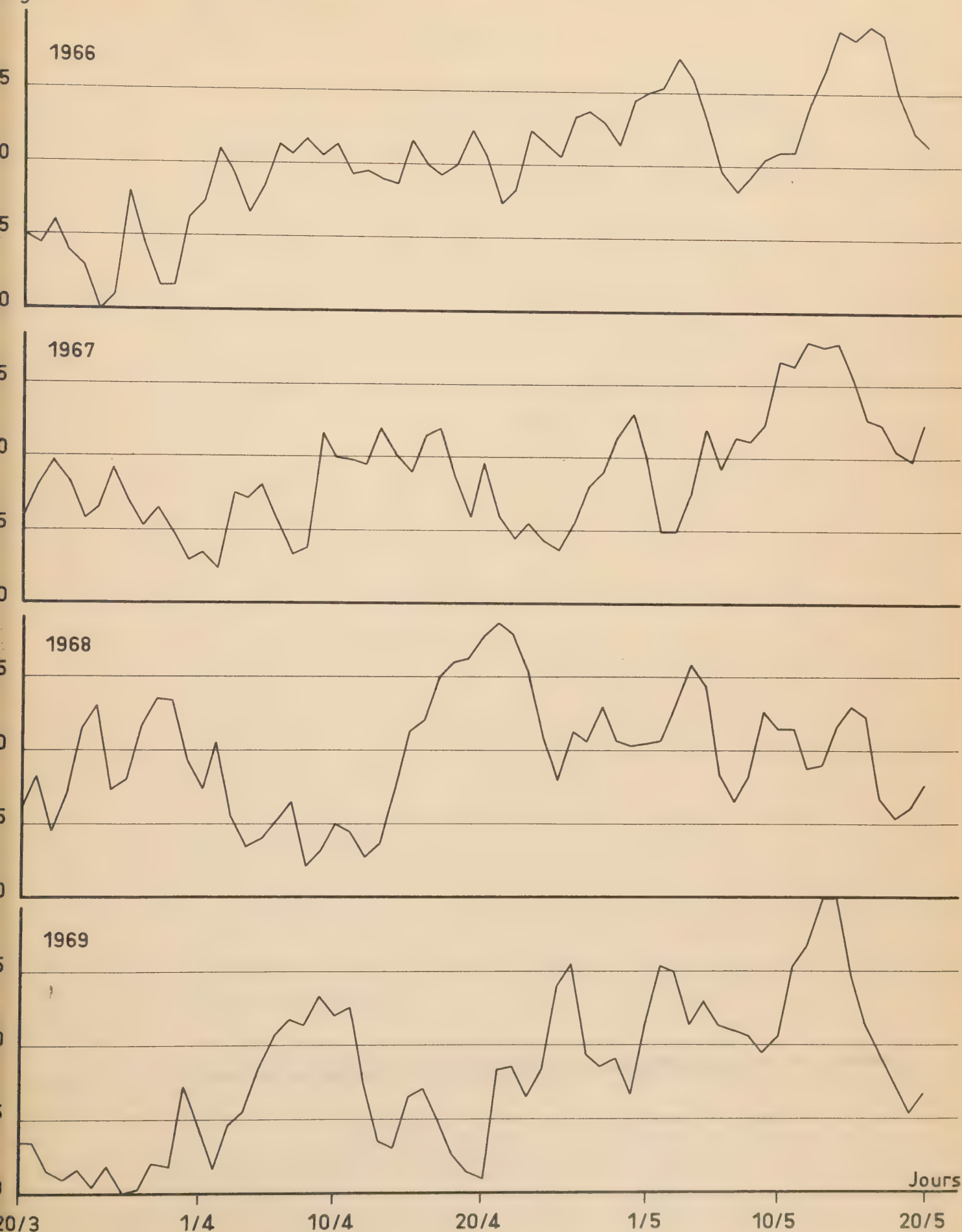
Le graphique III-1 montre l'évolution des températures moyennes pour 4 années, du 20 mars au 20 mai, qui est la période maxima à laquelle a lieu le débourrement (1). On voit les différences entre les courbes d'une année à l'autre et, en particulier, les périodes de froid qui ralentissent l'évolution des bourgeons ou les périodes de chaleur qui l'accélèrent. Ces variations de températures peuvent avoir une influence sur les distributions chaque année et il est possible qu'elles agissent différemment sur les différents types de croisement comme nous essayerons de le montrer dans un autre paragraphe de ce même chapitre.

3342 - Expérience 3 603 2

Cette expérience donne des résultats analogues à la précédente que l'on peut estimer facilement grâce aux familles communes aux deux expériences. Les hybrides tremula x tremuloïdes (3..) sont les plus précoces, car il n'y a pas d'hybrides alba x tremuloïdes. Le peuplier blanc (602) a le même comportement que celui de l'expérience précédente, classé parmi les précoces dans les premières années (0, 1, 6) il se retrouve après avec ceux de précocité moyenne, à la suite d'une attaque de chancre qui a affaibli les plants, qui sont maintenant tous dominés ou morts. Il y a, par contre, une plus grande diversité chez les hybrides tremula x alba (7..), l'un se classant avec les précoces (705), les autres avec le tremula tardif (121).

(1) Les températures ont été relevées au poste météorologique de Amance, situé à trois kilomètres de notre place d'expérience. Ces données ont été communiquées par M. AUSSENAC, responsable des études de climatologie à la Station de Sylviculture et de Production du C. N. R. F., à qui nous exprimons nos remerciements.

Degrés



3343 - Expérience 3 604 1

Il n'y a que 5 années d'observations au lieu de 6, l'année 1960 étant celle de la plantation. Cette expérience ne comporte ni tremula pur ni hybride avec grandidentata, les familles les plus tardives n'y figurent donc pas. Par contre, les tremuloïdes purs débourrent à peu près en même temps que les hybrides les plus précoces issus des croisements entre alba et tremuloïdes. Ces derniers sont nettement plus précoces que l'hybride 804 qui figurait déjà dans l'expérience 3 603 1.

Les hybrides tremuloïdes x tremula débourrent un peu plus tôt que les hybrides inverses, mais cela est sans doute dû à des différences de précocité entre les parents. Les albs purs ont une précocité voisine de celle des hybrides alba x tremula.

Les corrélations de rang entre les classements des 5 années de mesure sont du même ordre que celles figurant au tableau III-10 pour l'expérience 3 603 1.

3344 - Classement général de toutes les familles

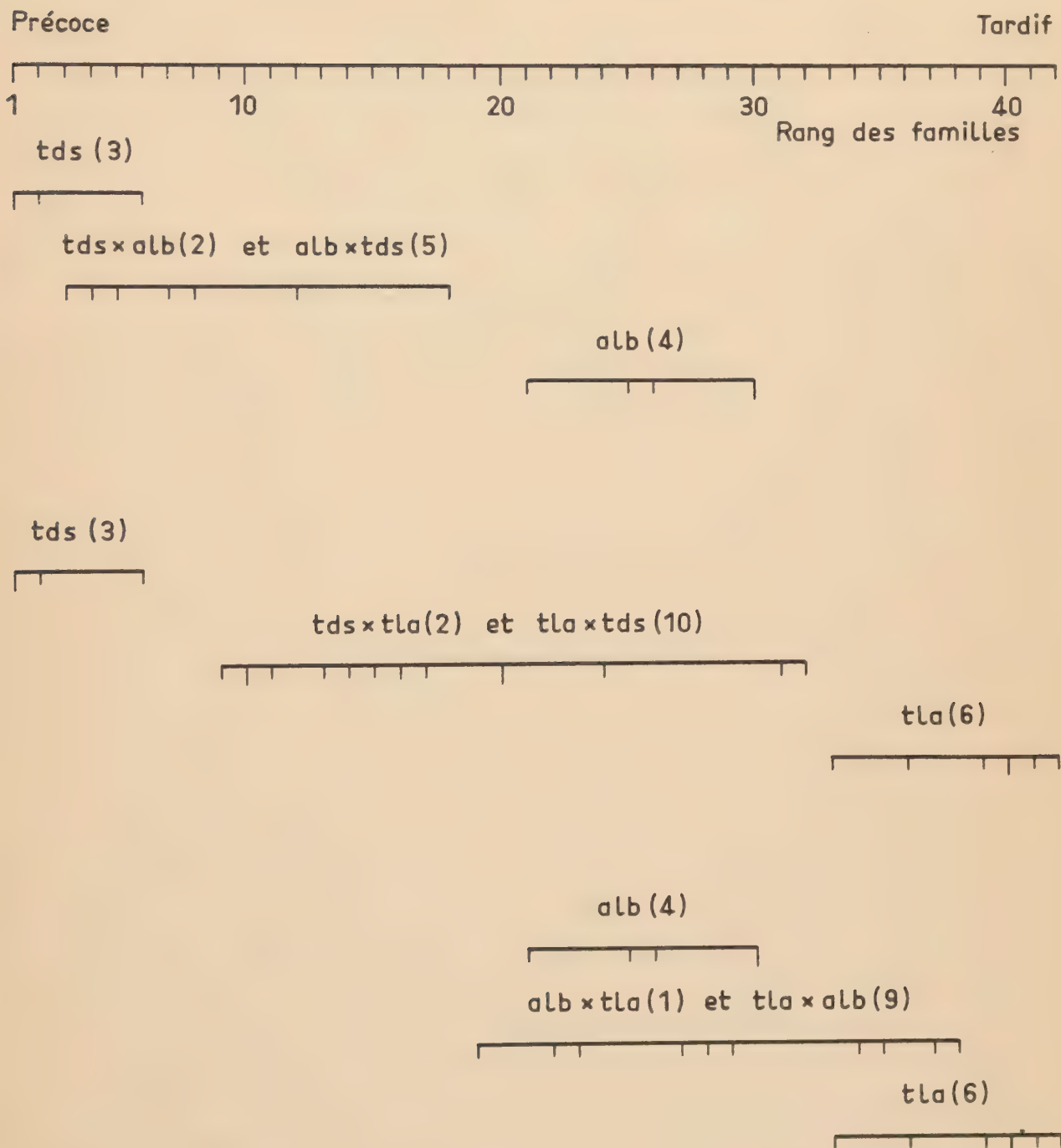
En tenant compte des familles communes aux trois expériences (paragraphe 333), on peut établir un classement général du débourrement des différentes familles les unes par rapport aux autres et voir ainsi comment se classent les familles issues de croisements interspécifiques par rapport à celles des espèces parentes.

Chez les trembles purs, les P. tremuloïdes forment les familles les plus précoces, tandis que les P. tremula sont les plus tardifs. Les peupliers blancs sont intermédiaires entre les deux espèces précédentes (graphique III-2). Le classement du débourrement des familles hybrides semble se situer entre celui des espèces parentes mais on peut observer une tendance vers le parent le plus précoce, en particulier pour les hybrides dont P. alba est un des parents.

34 - INFLUENCE DE LA TEMPERATURE SUR LE DEBOURREMENT

Pour estimer les quantités de température nécessaires au débourrement des différentes familles, nous utiliserons la méthode décrite par BIDABE (65) pour étudier l'action de la température sur les bourgeons

CLASSEMENT GENERAL POUR LE DEBOURREMENT



Entre parenthèses : Le nombre de familles

de pommier. Il évalue l'action thermique journalière par la somme des Q_{10} correspondant aux températures minimale et maximale, selon la formule d'une somme d'exponentielles :

$$j = Q_{10}^{\frac{M}{10}} + Q_{10}^{\frac{m}{10}}$$

où j est l'action thermique journalière,

M est la température maximale journalière,

m est la température minimale journalière,

et Q_{10} une constante dont on a fait varier les valeurs de 2 à 3, ce qui est l'ordre de grandeur trouvé pour les réactions chimiques.

Il reste alors à savoir d'une part quelle est la valeur du Q_{10} qui correspond le mieux à la vitesse de développement des bourgeons, d'autre part à partir de quelle date commence l'action de la température. On calcule donc pour chaque famille la valeur moyenne et l'écart-type des sommes trouvées pour différentes valeurs du Q_{10} et différentes dates initiales de l'action de la température et on recherche pour quelles valeurs le coefficient de variation est le plus faible. Les dates initiales correspondent au début des réactions chimiques qui doivent conduire au gonflement des bourgeons, puis à l'apparition des jeunes feuilles.

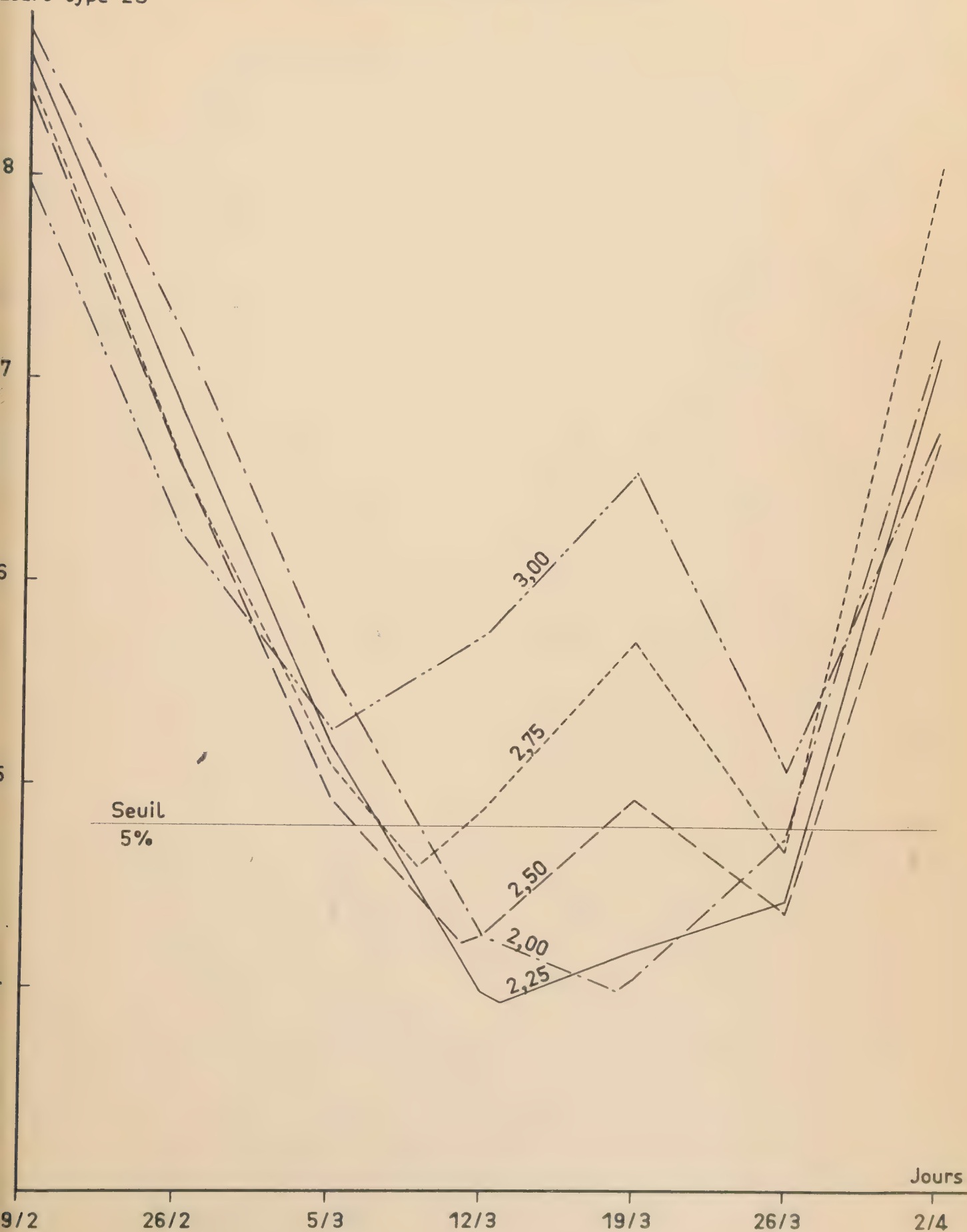
341 - RECHERCHES DE LA MEILLEURE VALEUR DE Q_{10} ET DE LA DATE INITIALE

Les calculs ont porté sur les 4 années 1966, 1967, 1968 et 1969, et pour des valeurs de Q_{10} variant de 2 à 3. Les dates initiales ont été choisies avec des écarts d'une semaine, mais le calcul du coefficient de variation le plus faible a été évalué à un jour près pour chaque valeur de Q_{10} . On a groupé ensemble les familles des deux expériences installées en 1959 (3 603 1 et 2). Les résultats correspondants aux deux années de plantation figurent sur les graphiques III-3 et III-4. Les écarts 2 S ont été exprimés en jours moyens de débourrement et on a calculé les différences significatives entre chaque variance et la variance minimale à l'aide du test de F. de SNEDECOR au seuil de 5 %.

Pour les expériences 3 603 1 et 3 603 2, on a 69 degrés de liberté et un F minimum de 1,49. On en déduit que les valeurs de 2 S supérieures à 4,80 sont significativement supérieures à la valeur minimale de 3,93.

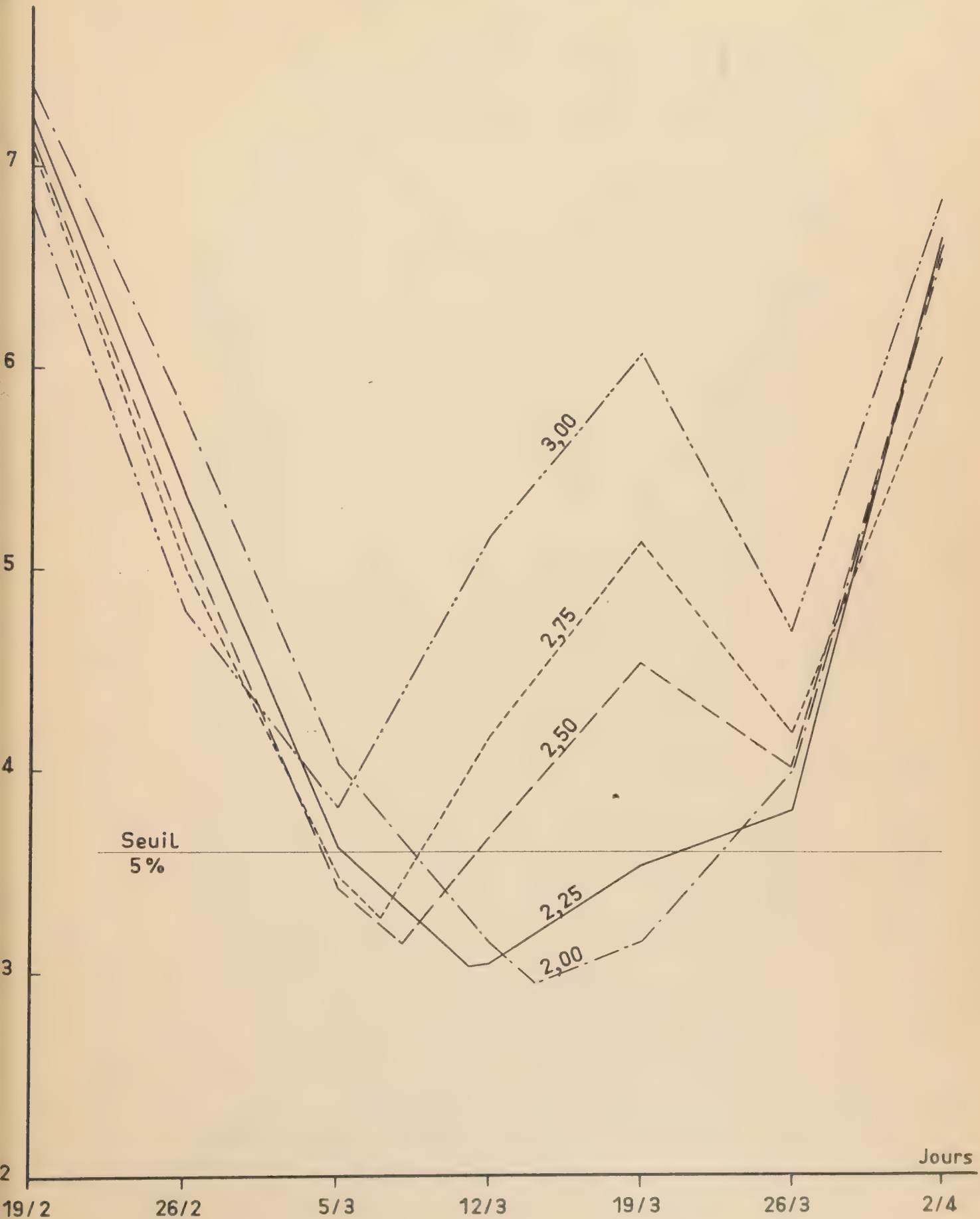
RECHERCHE DE LA MEILLEURE VALEUR DU Q_{10}
ET DE LA DATE INITIALE

Ecart-type 2S



RECHERCHE DE LA MEILLEURE VALEUR DU Q_{10}
ET DE LA DATE INITIALE

Ecart-type 2S



De même pour l'expérience 3 604 1, on a 69 degrés de liberté et un F minimum de 1,49. On en déduit que les valeurs de 2 S supérieures à 3,61 sont significativement supérieures à la valeur minimale de 2,95.

Ces deux seuils sont représentés par des lignes horizontales sur les graphiques III-3 et III-4.

On remarque d'abord que les courbes ont des allures très voisines sur les deux graphiques pour les différentes valeurs du Q_{10} . La valeur minimale de l'écart se produit pour $Q_{10} = 2,25$ pour 3 603 1 et 3 603 2 et $Q_{10} = 2$ pour 3 604 1, mais pour ces deux valeurs du Q_{10} , les minima sont très proches dans les deux cas. Les dates initiales de l'action de la température seraient assez variables, du 6 au 27 mars pour les expériences 3 603 1 et 3 603 2 et du 4 au 23 mars pour l'expérience 3 604 1. Ces écarts peuvent s'expliquer facilement, car il peut y avoir non seulement des variations d'une année à l'autre, mais encore des comportements différents suivant les familles. Ce qui situe le début de l'action de la température à 1 mois ou 1 mois et demi avant le débourrement.

Il faut remarquer d'abord que c'est à partir du $Q_{10} = 3$, que tous les points de la courbe sont au-dessus du seuil de 5 %. Une augmentation de température à l'époque du débourrement n'accélère que lentement le développement des bourgeons. Ensuite, les courbes des Q_{10} supérieurs à 2,25 ont deux minima, ce qui semble prouver qu'il y a une certaine hétérogénéité dans le comportement des familles.

Nous avons donc étudié le comportement des familles groupées par types de croisement. Dans ce cas, le nombre faible de degrés de liberté ne permet pas de trouver des différences significatives entre les minima pour les différentes valeurs du Q_{10} . On peut toutefois noter des tendances : quel que soit leur précocité, les espèces purs ont des valeurs faibles de Q_{10} (2,25 et 2,5) ; par contre, les hybrides ont des valeurs plus élevées :

2,25 à 2,75 pour les hybrides tla x alb,
2,75 à 3,25 pour les hybrides tla x tds,
3 et 3,25 pour les hybrides alb x tds.

Les types de croisement dont la valeur du Q_{10} est plus élevée aurait une date initiale d'action de la température plus précoce que les autres.

342 - REPRESENTATION GRAPHIQUE DES SOMMES DE Q_{10}

Ces résultats peuvent être explicités graphiquement. Quand on fait varier les dates initiales, pour une année donnée, les courbes des sommes de Q_{10} sont parallèles entre elles. Mais les positions respectives des courbes de plusieurs années sont différentes. La variance minimale obtenue correspond à une position relative des courbes, telle que les valeurs de Q_{10} soient aussi voisines que possible (sur l'échelle des ordonnées) suivant les valeurs de débourrement observées pour les différentes années pour chaque famille. Sur le graphique III-5, on indique l'exemple des dates de débourrement d'une famille précoce (807) et d'une famille tardive (708) de l'expérience 3 604 1, avec $Q_{10} = 2,25$ et la date initiale du 11 mars.

Cette transformation de variable des jours de débourrement en valeurs de Q_{10} permet de calculer une valeur moyenne de Q_{10} pour les 4 années et pour chaque famille, en tenant compte de l'effet des températures, et ainsi de déterminer les différences significatives entre ces familles pour le débourrement pour l'ensemble de ces années.

343 - COMPARAISON ENTRE LES ANNEES

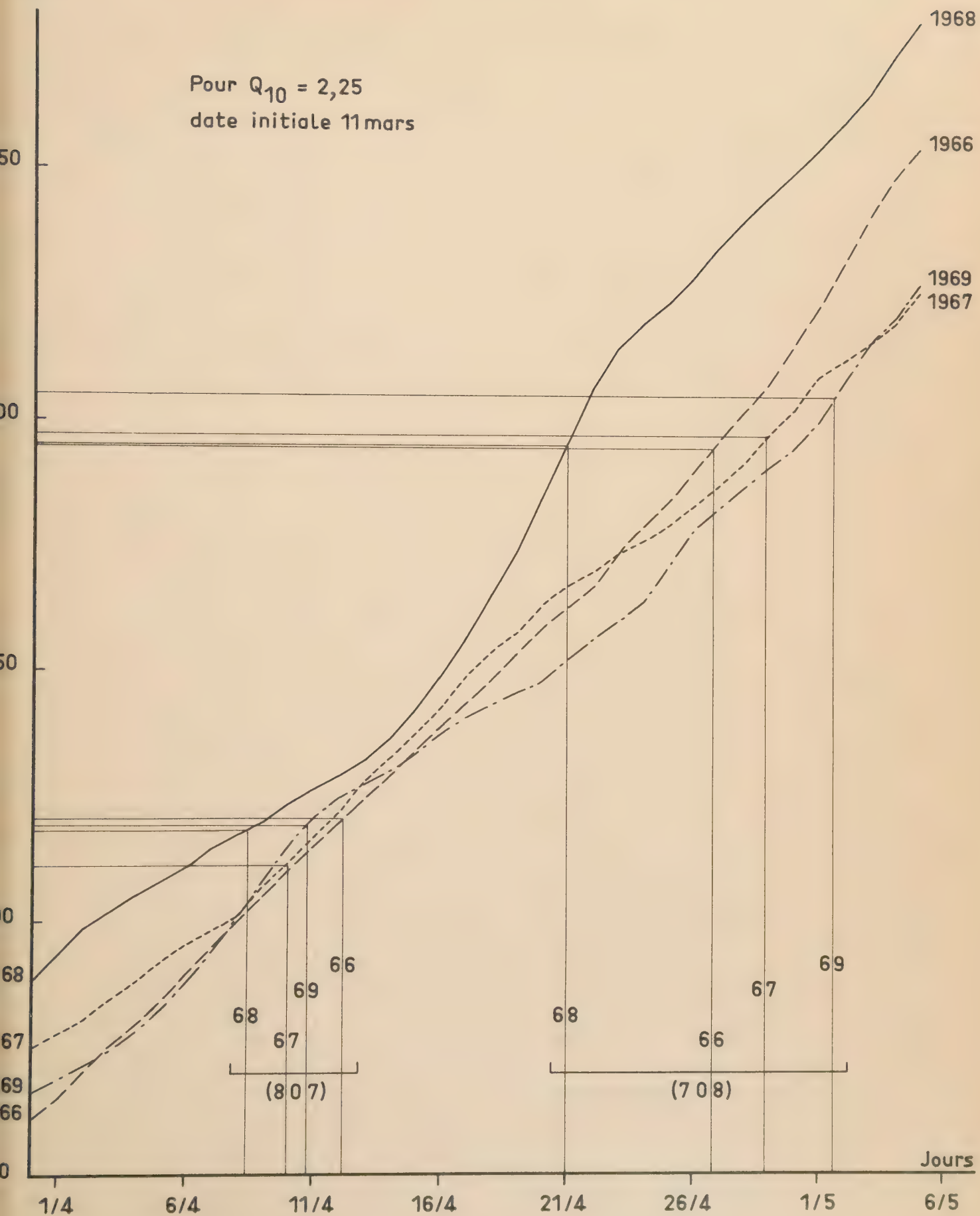
En examinant le graphique III-5, on voit des différences nettes des sommes des valeurs du Q_{10} entre les années, en particulier pour 1968 où la courbe correspondante est constamment au-dessus des courbes des 3 autres années. On constate d'ailleurs sur les graphiques III-6 et III-7, que pour chaque famille, c'est l'année 1968 qui a été la plus précoce. On peut aussi remarquer sur ces graphiques que l'écart entre la date de débourrement la plus précoce et celle qui est la plus tardive pour chaque famille varie beaucoup, de 2 jours à plus de 2 semaines, et que ces écarts correspondent bien aux écarts entre les courbes des différentes années que l'on voit sur le graphique III-5.

L'année 1967 se situe toutefois de façon anormale pour certaines familles, en particulier les P. alba, à la suite d'une forte baisse de température, (les minima avoisinant 0 degré pendant une semaine). L'évolution des bourgeons des peupliers blancs s'est pratiquement arrêtée pendant cette période, alors que pour les autres familles, il y a eu seulement un ralentissement du développement.

SOMME DES VALEURS DU Q_{10}

Q_{10}

Pour $Q_{10} = 2,25$
date initiale 11 mars



DATES DE DEBOURREMENT POUR LES 4 ANNEES ET CLASSEMENT

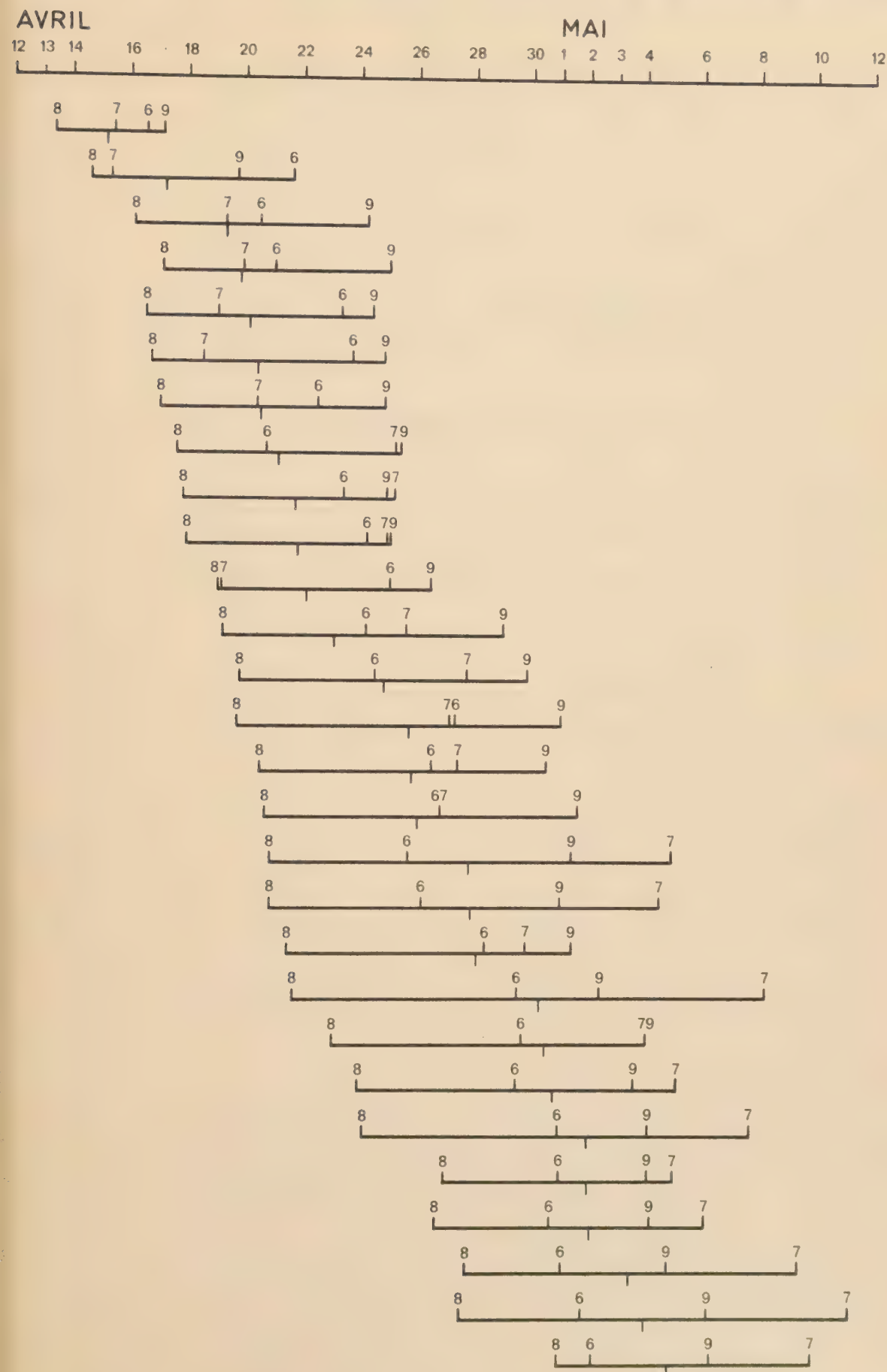
AVRIL

MAI



	203
	202
	806
	808
	807
	201
	805
	320
	319
	804
	321
	314
	322
	604
	703
	603
	712
	312
	710
	709
	704
	601
	708

DATES DE DEBOURREMENT POUR LES 4 ANNEES ET CLASSEMENT



344 - CLASSEMENT DES FAMILLES

Il est pratiquement identique à celui que nous avons obtenu à partir des calculs avec le critérium 2 I de l'information (tableaux III-11, III-12 et III-13). Mais, ici, on voit plus nettement que la précocité de certaines familles est plus voisine de celles d'une espèce parente. C'est le cas des hybrides alb x tds et tds x alb de l'expérience 3 604 1 qui ne sont pas significativement différents de 2 tremuloïdes, mais sont très nettement plus précoces que les alba (graphique III-6). De même, chez les hybrides alb x tla, certains hybrides sont aussi précoces ou même plus précoces que les espèces parentes (graphique III-7).

345 - DEBOURREMENT DES PARENTS

Nous allons comparer ici le débourrement de familles ayant des parents communs de façon à vérifier la présence d'un phénomène de dominance chez les hybrides interspécifiques dont un parent est un peuplier blanc.

TABLEAU III-14

VALEURS DU Q_{10} , CROISEMENTS INTERSPECIFIQUES AVEC P. ALBA

(	:	:	:	)
(	:	tds - 5932	alb - 5870	alb - 5872
(	:	-----	-----	)
(	:	:	:	)
(	tds 5538	118,92	116,00	117,01
(	:	*****	:	)
(	alb 5873	123,38	<u>171,76</u>	<u>181,80</u>
(	:	:	:	)

Les valeurs soulignées du tableau III-14 désignent les P. alba purs avec un trait et le tremuloïdes pur avec deux traits. On voit que les valeurs des hybrides sont proches de celles du tremuloïdes, mais nettement différentes de celles des P. alba purs.

Par contre, il semble que, pour les croisements intraspécifiques, le débourrement se comporte comme un caractère additif.

.../...

TABLEAU III-15
VALEURS DU Q_{10} , CROISEMENTS INTRASPECIFIQUES

[	:	:	:
[	:	tla - 5807	tla - 5800
[	:	:	:
[	:	-----	-----
[	:	:	:
[	tla - 5819	186,79	220,38
[	:	:	:
[	tla - 5820	210,97	238,78
[	:	:	:

Alors que les différences sont significatives entre deux croisements ayant un parent commun, la moyenne des deux familles de débourement extrême est pratiquement égale à celle des deux autres familles.

35 - CONCLUSIONS

Cette étude sur le débourement a permis de comparer deux méthodes différentes d'observation dont l'une ne permet qu'une exploitation qualitative (notation de 0 à 5) par la méthode du critérium 2 I de l'information, mais ne nécessite qu'un seul passage sur le terrain, tandis que l'autre, si elle conduit à exécuter plusieurs visites des plantations, permet aussi d'analyser les résultats par la méthode quantitative du Q_{10} .

On a pu ainsi noter de grandes différences entre les dates de débourement des différentes espèces de la Section Leuce : les tremuloïdes étant les plus précoces et les tremula les plus tardifs. Les hybrides entre ces espèces ont un débourement en général intermédiaire entre celui des espèces parentes, mais il semble que leur débourement se rapproche plus de celui du parent le plus précoce.

CHAPITRE IV

SURVIE, HAUTEUR

ET

SURFACE TERRIERE

L'augmentation de la production a une grande importance dans les travaux d'amélioration : on peut même dire, qu'avec la recherche d'une qualité du bois adaptée aux besoins, c'est un objectif fondamental. Nous ne parlerons pas ici des problèmes de qualité du bois parce que les arbres n'ont pas encore atteint leur dimension d'exploitabilité.

Dans les expériences que nous avons installées, nous avons voulu comparer les caractéristiques de croissance des hybrides interspécifiques nouvellement créés, d'une part aux trembles de la région lorraine et à des trembles obtenus par croisements d'arbres venant de régions différentes, d'autre part aux peupliers euraméricains que l'on plante dans l'est de la France. Les espacements que nous avons utilisés (2 x 2 et 2,5 x 2,5 m) sont très différents de ceux de la populiculture classique, (7 x 7 à 10 x 10 m). Ils placent donc les peupliers euraméricains dans des conditions de compétition inhabituelles. Mais une plantation, sur le même terrain, de certaines familles étudiées ici en comparaison avec les mêmes peupliers euraméricains, mais à l'espacement de 4,3 x 4,3 m, donne un classement relatif de ces peupliers par rapport aux hybrides de la Section Leuce analogue à ceux présentés ici.

Pour exprimer la production des différents croisements et des clones témoins, nous avons choisi 3 caractères : la survie des plants évaluée pour plusieurs années, la hauteur totale et la surface terrière. Le volume à l'hectare, synthétise ces 3 caractères ; nous l'avons calculé pour les meilleures familles hybrides et les 2 clones de peupliers euraméricains qui ont eu une croissance voisine.

Le développement des arbres est influencé par le milieu : c'est un fait bien connu. Pour augmenter la précision des comparaisons entre les différents croisements, nous avons dû utiliser des dispositifs expérimentaux en blocs incomplets équilibrés. Un exemple de calcul permettra d'expliquer les méthodes d'ajustement qui tiennent compte de la répartition inégale des variantes dans les blocs.

.../...

41 - POURCENTAGE DE REPRISE

411 - CAUSES DE MORTALITE

L'importance de ce caractère n'échappe jamais aux reboiseurs, car c'est un élément économique dont dépend, d'une part le coût plus ou moins élevé d'une plantation, d'autre part la production à l'hectare. Un bon pourcentage de reprise à la plantation évite, dans la pratique, de recourir à l'installation de regarnis. En plus, pour une espèce à croissance rapide, ces plants ne bénéficient plus des conditions favorables créées au moment de la première plantation par le travail du sol et ne peuvent, que rarement, rattraper leur retard sur les autres plants.

Les causes de mortalité des plants sont multiples. Il ne nous est pas possible dans ces expériences de savoir quelle est la part génétique et la part du milieu pris dans un sens assez large. Mais, il est certain que, dans les conditions difficiles d'élevage qu'offrent les terrains à pseudogley où l'eau reste en surface au début du printemps, l'action du milieu est particulièrement forte et peut provoquer des différences importantes de reprise entre les familles et les clones différents. Nous avons essayé d'éliminer l'influence du sol grâce aux dispositifs expérimentaux utilisés.

Malgré l'installation d'une ou deux lignes de bordure autour des dispositifs expérimentaux, nous n'avons pu éviter l'influence, soit d'une plantation voisine ou de la forêt, soit des fossés qui ont amélioré le drainage pour les plantations installées en 1959 ou élevé temporairement le niveau de l'eau dans le sol dans celle de 1960.

Des dégâts ont été causés par des sangliers sur de jeunes plants dans l'expérience 3 604 1 et par le vent au cours du printemps 1967. Ces causes de mortalité, responsables d'arbres cassés ou déracinés, agissent indépendamment des dispositifs expérimentaux et perturbent les résultats sur les pourcentages de reprises. Ce sont en effet des arbres dominants qui ont été touchés dans les deux cas.

Quand la concurrence commence à s'établir entre les arbres, les arbres dominés manquent de lumière, s'affaiblissent et meurent. Cette concurrence peut avoir deux origines :

- génétique, quand il y a une grande hétérogénéité entre les individus d'une même famille ;

.../...

- de position, si les familles à forte croissance en hauteur enserrent des familles rapidement dominées.

412 - PRESENTATION DES RESULTATS

Il est certain qu'avec, d'une part un nombre faible de plants par parcelle unitaire (10, 8 ou 6 suivant les expériences), d'autre part des différences de mortalité assez importantes entre les parcelles unitaires, les calculs sur les pourcentages de reprise remplissent difficilement les conditions de validité des analyses de variance. C'est pourquoi on a effectué une transformation des pourcentages en $\text{Arc sin } \sqrt{\%}$, afin de se rapprocher d'une distribution normale. Les différences significatives figurant sur les graphiques IV-1 à IV-3 sont indiquées en fonction de cette transformation, bien que sur les échelles, les valeurs soient exprimées en pourcentages. En plus, pour égaliser au mieux les variances, les résultats fournis dans le paragraphe suivant se rapportent à l'automne 1966, c'est-à-dire 8 ans après plantation pour les expériences installées en 1959 et 7 ans pour celle de 1960.

Dans les graphiques, où l'on met en évidence des différences significatives, les numéros des familles correspondant au même type de croisement sont mis dans la même colonne, afin d'explicitier les différences existant entre ces familles. Les colonnes sont surmontées par des petites lettres dont la signification est la suivante :

- a = P. tremula x P. tremula ;
- b = P. tremuloïdes x P. tremuloïdes ;
- c = P. tremula x P. tremuloïdes et croisement réciproque ;
- d = croisements avec P. grandidentata ;
- e = P. alba x P. alba ;
- f = P. alba x P. tremula et croisement réciproque ;
- g = P. alba x P. tremuloïdes et croisement réciproque ;
- h = P. x euramericana.

413 - REPRISE UN AN APRES LA PLANTATION

Le pourcentage de reprise a été excellent pour les 3 expériences et supérieur à 98 %. Il a varié de 94 à 100 % suivant les familles. Une bouture seulement sur les 240 installées pour les 3 clones de peupliers euraméricains n'a pas repris.

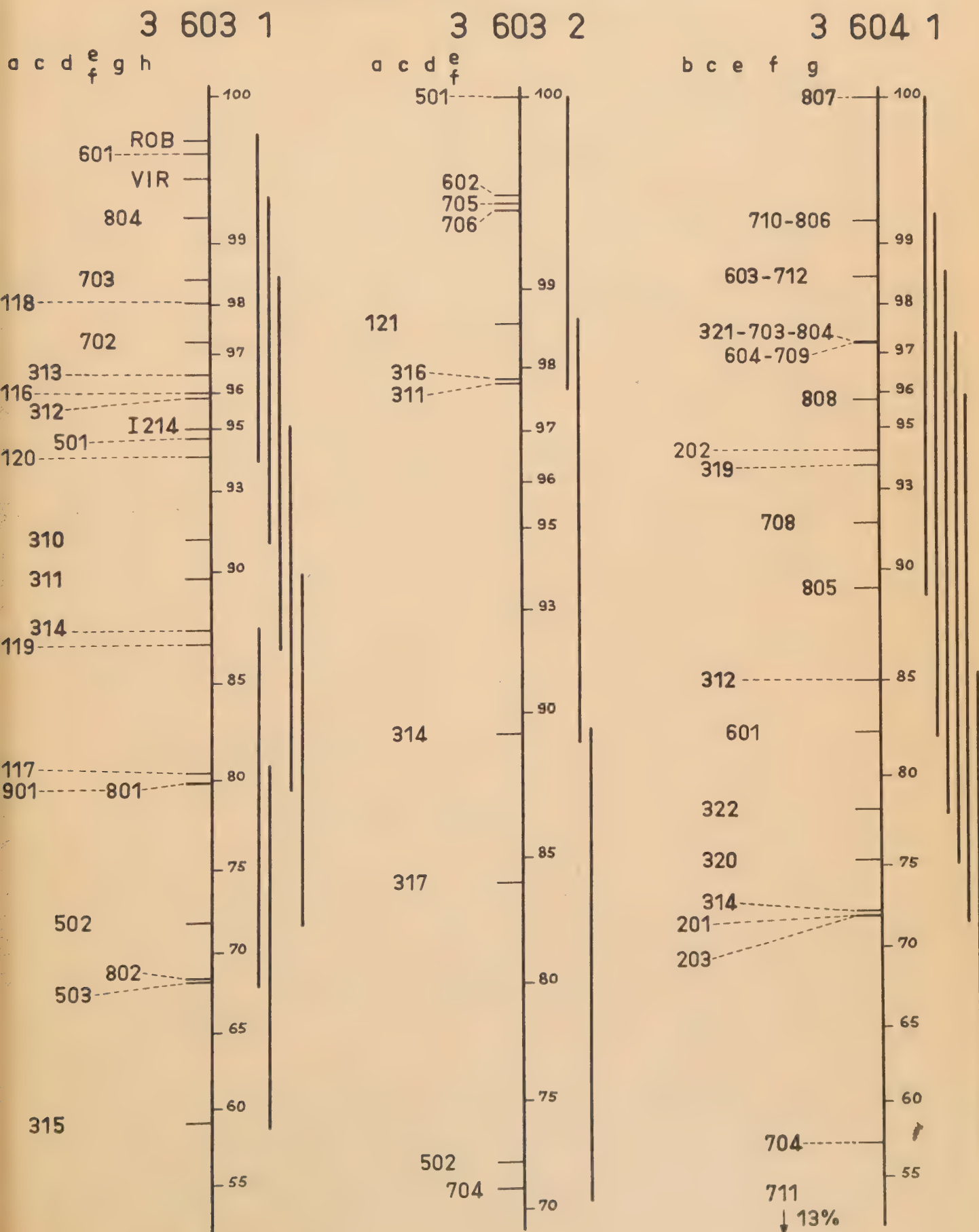
Les plants morts ont été remplacés un an après la plantation par des plants du même croisement et du même âge conservés en pépinière. Cependant, les regarnis, souvent plus grands que la moyenne des plants de la parcelle unitaire où ils ont été installés, ont eu des difficultés à reprendre. Deux ans après leur mise en place, le quart d'entre eux étaient morts, ce qui correspond à une mortalité double de celle des plants installés au moment de la plantation. On ne tiendra pas compte des regarnis dans l'évaluation des caractères de croissance.

414 - POURCENTAGE DE REPPRISE EN 1966

Il faut d'abord remarquer que dans les deux expériences 3 603 1 et 3 604 1, il manque une famille. Le n° 803, dans la première, a pratiquement disparu en deux ans, malgré un développement satisfaisant en pépinière ; le parent femelle (P. alba) n'a d'ailleurs pas pu survivre dans la collection voisine de l'expérience. Le n° 901 a été supprimé dans la deuxième expérience à la suite de la grande sensibilité à Venturia tremulae, observée déjà dans l'expérience 3 603 1. Ces 2 familles ont été remplacées au printemps 1962 par un hybride tla x tds que nous ne faisons pas figurer dans nos résultats, étant donné l'âge des plants différent de celui des autres familles.

On constate en examinant le graphique IV-1 que le pourcentage de reprise s'abaisse à 60, 70 et 13 % pour les 3 expériences ; mais la moitié des familles expérimentées n'ont pas perdu plus de 5 % de leurs plants ainsi que les clones de peupliers euraméricains, ce qui est satisfaisant, étant donné les conditions défavorables de la nature du sol.

Il y a une grande hétérogénéité entre les résultats correspondant au même type de croisement, ce qui laisse penser que l'un des deux parents ou les deux ont une influence plus ou moins favorable sur la reprise. Il faut cependant remarquer, en particulier pour le dispositif 3 604 1 que la mesure de ce caractère n'est pas très précise et que les écarts observés entre certaines familles du même type de croisement ne sont pas significatifs. Seules les deux familles 704 et 711 sont à part, elles correspondent à deux croisements alb x tla où le parent mâle est un tremble de Valloire.



415 - EVOLUTION DES POURCENTAGES DE REPRISE

Etant donné les causes de mortalité que nous avons signalées au paragraphe 411, on pense bien que la mortalité va continuer au cours des années, même si la reprise initiale a été bonne. Les graphiques IV-2 et IV-3, établis en groupant entre eux les différents types de croisement, montrent une diminution assez nette du pourcentage de reprise dans certains cas pendant les 4 ou 5 années qui suivent la plantation.

Les peupliers de la Section Aigeiros ont un comportement à part, ce qui est naturel, puisque ce sont des clones. Les quelques morts enregistrés sont dus à des causes accidentelles.

Des trois espèces pures expérimentées, les P. tremuloïdes ont en moyenne un pourcentage de reprise nettement plus faible que les P. tremula et les P. alba. On retrouve plus ou moins ce résultat chez les hybrides. Il semble d'ailleurs que P. alba confèrerait une meilleure aptitude à la reprise. Mais on peut dire que c'est l'espèce parente la plus défavorable qui conditionne la plus ou moins bonne reprise d'un croisement comme on le voit pour les deux hybrides alb x tla.

Dans l'expérience 3 603 1, les hybrides tla x grd semblent nettement moins bons que les autres pour ce caractère.

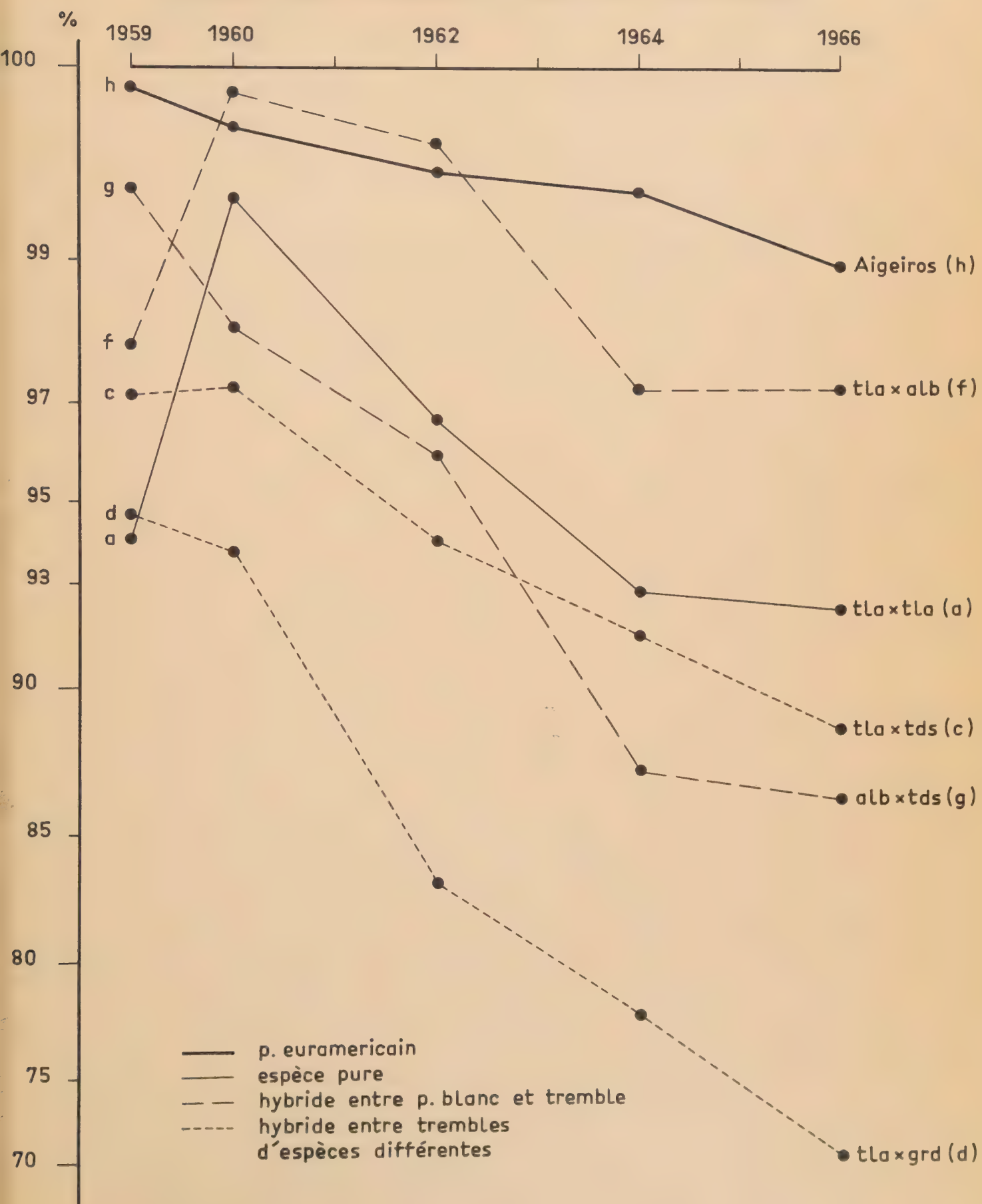
42 - HAUTEUR MOYENNE

421 - METHODES DE MESURE

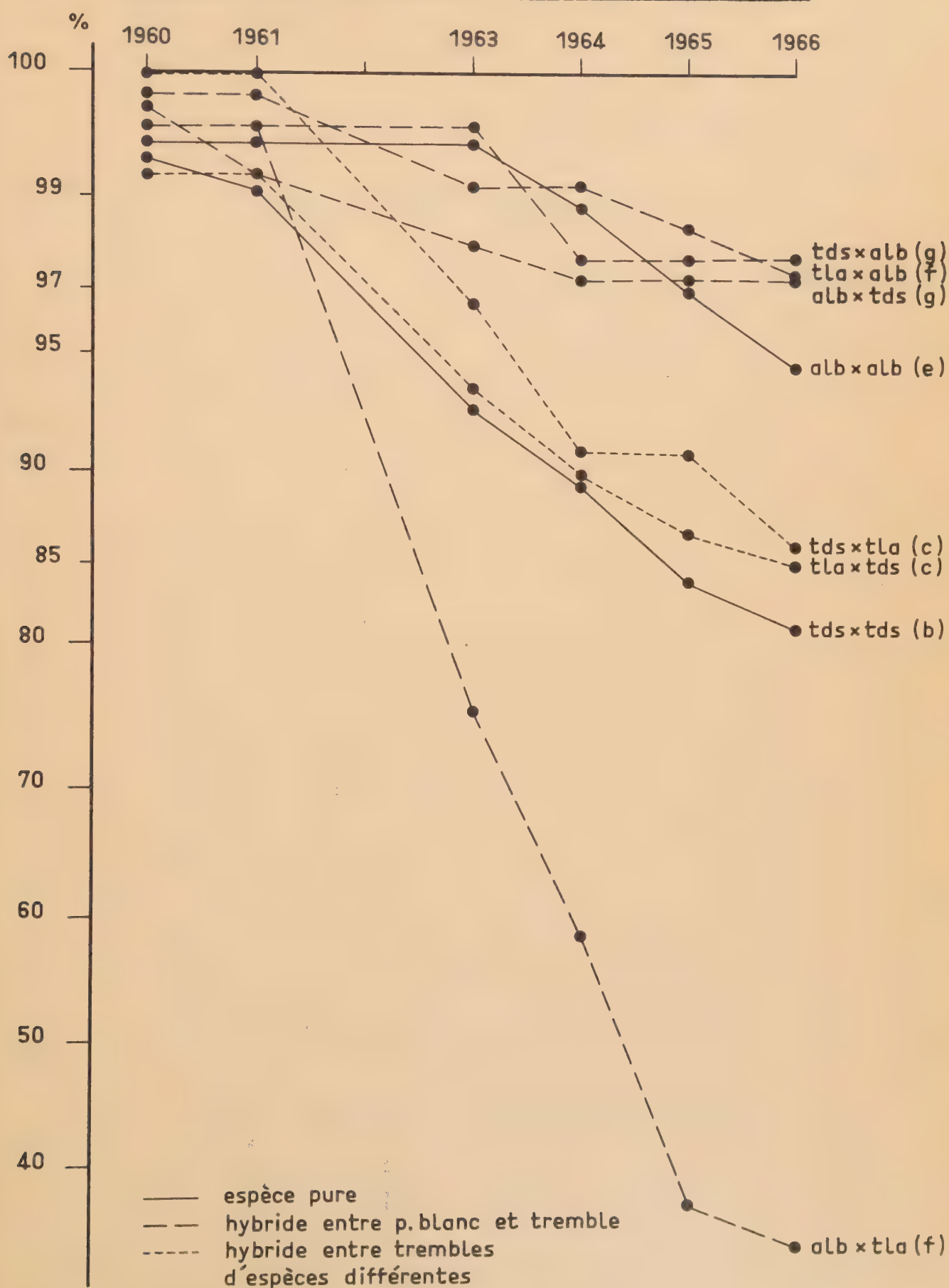
Deux méthodes différentes de mesure ont été employées en fonction de la hauteur des plants. Les premières années, tous les plants ont été mesurés avec une perche graduée de 5 en 5 cm. Par la suite, seuls les plants d'une hauteur inférieure à 3 m ont été mesurés de cette façon. On a utilisé un dendromètre "Blume-Leiss" pour évaluer la hauteur des plus grands.

Les mesures au dendromètre ont été faites au cours des années par deux opérateurs différents ; les observations d'une année donnée ont toujours été effectuées par le même observateur. On a recherché s'il pouvait y avoir des différences importantes sur les moyennes de hauteur dues aux deux opérateurs. En 1966, la hauteur des trois plus grands arbres de

SURVIE DES DIFFERENTS TYPES DE CROISEMENT



SURVIE DES DIFFERENTS TYPES DE CROISEMENT



chaque parcelle unitaire de l'expérience 3 603 2 a été mesurée par les deux opérateurs soit 198 arbres. Après calcul des valeurs moyennes par famille, on a trouvé une différence de l'ordre de 1,3 % entre les hauteurs moyennes et toujours dans le même sens, ce qui ne modifiait ni le classement des familles, ni leurs différences significatives.

422 - ECHANTILLONNAGE POUR LES CALCULS

Bien que la mesure de hauteur de tous les arbres ait été effectuée pour chaque d'année d'observations, les calculs n'ont eu lieu qu'à partir d'un échantillonnage de 3 plants par parcelle unitaire pour évaluer la hauteur de la parcelle. Ces 3 plants ont toujours été les 3 plants dominants de la parcelle.

Plusieurs raisons nous ont conduit à faire ce choix :

- D'abord, les mortalités ont entraîné la disparition d'un nombre différent de plants par parcelle unitaire. Il est bien évident que les moyennes calculées sur des nombres de plants très différents n'ont pas la même signification.

- Ensuite, l'expérience 3 603 1 comporte des clones de peupliers euraméricains et des familles dont les individus sont des frères. La variance de la hauteur exprime uniquement l'action du milieu pour des clones qui sont des individus génétiquement identiques, alors que pour des frères on confond les variabilités génétiques et d'environnement. C'est pour diminuer la variabilité génétique des familles, que l'on a choisi seulement les 3 arbres dominants de chaque parcelle unitaire.

- Enfin, comme nous pensons qu'il peut être intéressant de sélectionner dans les meilleures familles les individus ayant la meilleure croissance afin de créer des variétés améliorées multipliées végétativement, les résultats obtenus sur les arbres dominants se rapprochent plus de ceux d'individus sélectionnés que ceux issus de la moyenne des familles.

423 - EXEMPLE DE CALCUL DES HAUTEURS MOYENNES

On a pris comme exemple de calcul, la hauteur moyenne en 1966 A de l'expérience 3 603 2.

Les calculs ont été exécutés sur un ordinateur de bureau pour lequel nous avons rédigé un programme permettant de réaliser les diffé-

.../...

TABLEAU IV-1

HAUTEUR MOYENNE 1968 A

N° Famille	B L O C											Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
121	5,67		4,42			5,75	6,58			6,33	5,58	34,33
311	11,17	8,17		10,42		9,00	9,17	10,42				58,35
314	9,58	8,08	6,25	8,42					7,25		10,58	50,16
316		8,75		7,75	9,50		8,33			8,50	9,42	52,25
317		7,92	5,75				9,42	7,33	8,58	8,83		47,83
501	7,92				6,08		7,42	7,67	6,58		6,92	42,59
502			4,42	7,83	5,00	6,25	9,00		8,58			41,08
602		7,17	5,92		6,00	6,17		7,42			6,92	39,60
704				5,17		3,83		6,17	5,83	4,25	5,00	30,25
705	10,08	9,83			7,92	8,75			9,25	8,58		54,50
706	10,00		9,17	10,58	9,67			10,83		9,92		60,17
Total	54,51	49,92	35,93	50,17	44,17	39,75	49,92	49,84	46,07	46,41	44,42	511,11

TABLEAU IV-2

CALCUL DES TOTAUX AJUSTES

N° famille	T	SB	T' ₁	T' ₂	$\bar{X}_2$
121	34,33	270,94	34,65	34,59	5,76
311	58,35	294,11	56,65	57,01	9,50
314	50,16	281,02	50,09	50,11	8,35
316	52,25	285,01	51,65	51,77	8,63
317	47,83	278,09	48,08	48,03	8,00
501	42,59	288,93	40,39	40,86	6,81
502	41,08	266,01	42,91	42,52	7,09
602	39,60	264,03	41,66	41,22	6,87
704	30,25	276,66	29,16	29,39	4,90
705	54,50	280,83	54,86	54,78	9,13
706	60,17	281,03	61,01	60,83	10,14
Total	511,11	3 066,66	511,11	511,11	85,18

TABLEAU IV-3

ANALYSE DE LA VARIANCE

Source de variation	Somme des carrés	Degrés de liberté	Carré moyen	F
Blocs (familles ignorées)...	46,5665	10		
Familles (blocs éliminés)...	143,5523	10	Et = 14,35523	20,1
Familles (blocs ignorés)....	157,3250	10		
Blocs (familles éliminées)...	32,7938	10	Eb = 3,27938	
Erreur résiduelle.....	31,4436	45	Ee = 0,69875	
Total.....	221,5624	65		

rentes étapes du calcul à partir des moyennes des parcelles unitaires indiquées sur le tableau IV-1

On calcule d'abord la somme des blocs et deux éléments du tableau d'analyse de variances : la somme des carrés totale et la somme des carrés des blocs, familles ignorées.

La deuxième étape permet de connaître le total de chaque famille puis le total ajusté selon la première méthode (T'_1) et les sommes des carrés applicables aux familles (tableau IV-2).

Enfin, on complète le tableau d'analyse de variance (tableau IV-3) par les calculs de somme des carrés de l'erreur et les carrés moyens des familles (Et), des blocs (Eb) et de l'erreur (Ee). On obtient en plus, après le calcul du coefficient de pondération intrabloc, les totaux ajustés des familles selon la deuxième méthode (T'_2).

Les formules utilisées pour ces calculs figurent dans le paragraphe 232 et le tableau II-7.

On vérifie par le test de F de Snedecor, s'il existe des différences significatives entre certaines familles, ici le F vaut 20,1, il dépasse nettement le seuil de signification de 1 % pour les degrés de liberté respectivement de 10 et 45 pour les carrés moyens des familles et de l'erreur.

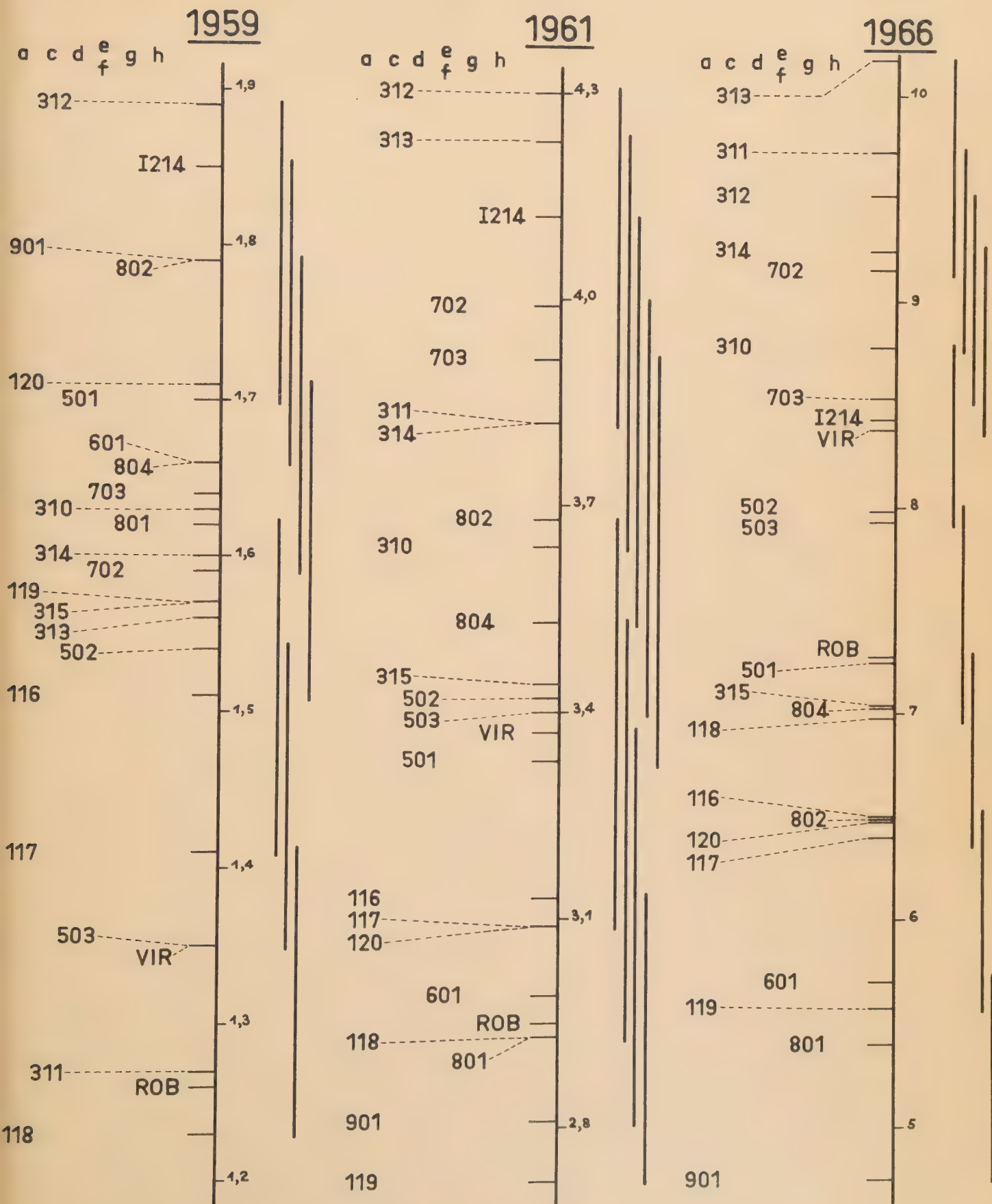
L'écart-type des totaux ajustés a été estimé à 2,12. On applique alors le test de Duncan pour la comparaison des moyennes deux à deux. Les différences non significatives au seuil de 5 % entre les totaux ajustés des familles sont indiquées par des traits verticaux qui les relient entre elles. Les résultats correspondent à la hauteur moyenne en 1966 de l'expérience 3 603 2 figurant sur le graphique IV-6.

424 - CLASSEMENT DES HAUTEURS MOYENNES

4241 - Expérience 3 603 1

Les observations de l'automne 1959 peuvent être prises comme point de départ de la croissance en hauteur, car, d'une part les boutures de peupliers noirs se sont enracinées et ont eu une pousse vigoureuse, d'autre part les différentes familles de la Section Leuce n'ont pratiquement pas poussé en hauteur. Le classement figurant sur le graphique IV-4 (1959) indique encore pour les trembles et les peupliers blancs la hauteur

HAUTEUR (m)



moyenne obtenue en pépinière fonction en partie de la fertilité plus ou moins élevée des planches de repiquage. Il existe déjà des différences significatives entre les familles, mais on remarque une grande dispersion entre les familles appartenant au même type de croisement. On peut remarquer l'excellent comportement du "I 214" qui a rattrapé la meilleure famille hybride "tla x tds".

Dès les mesures de 1961, on voit s'amorcer une différenciation entre les types de croisement. Les P. tremula purs sont parmi ceux qui ont la croissance en hauteur la plus faible et il n'y a plus de différences entre eux. Quatre des six hybrides "tla x tds" sont significativement supérieurs à tous les P. tremula purs.

Les croisements avec P. grandidentata comme mâle se classent au niveau des moins bons hybrides "tla x tds". Les hybrides "tla x alb" ne sont pas significativement inférieurs au "I 214" qui se maintient avec les 2 meilleurs hybrides "tla x tds". Les 2 autres peupliers noirs ont une hauteur moyenne nettement plus faible que "I 214".

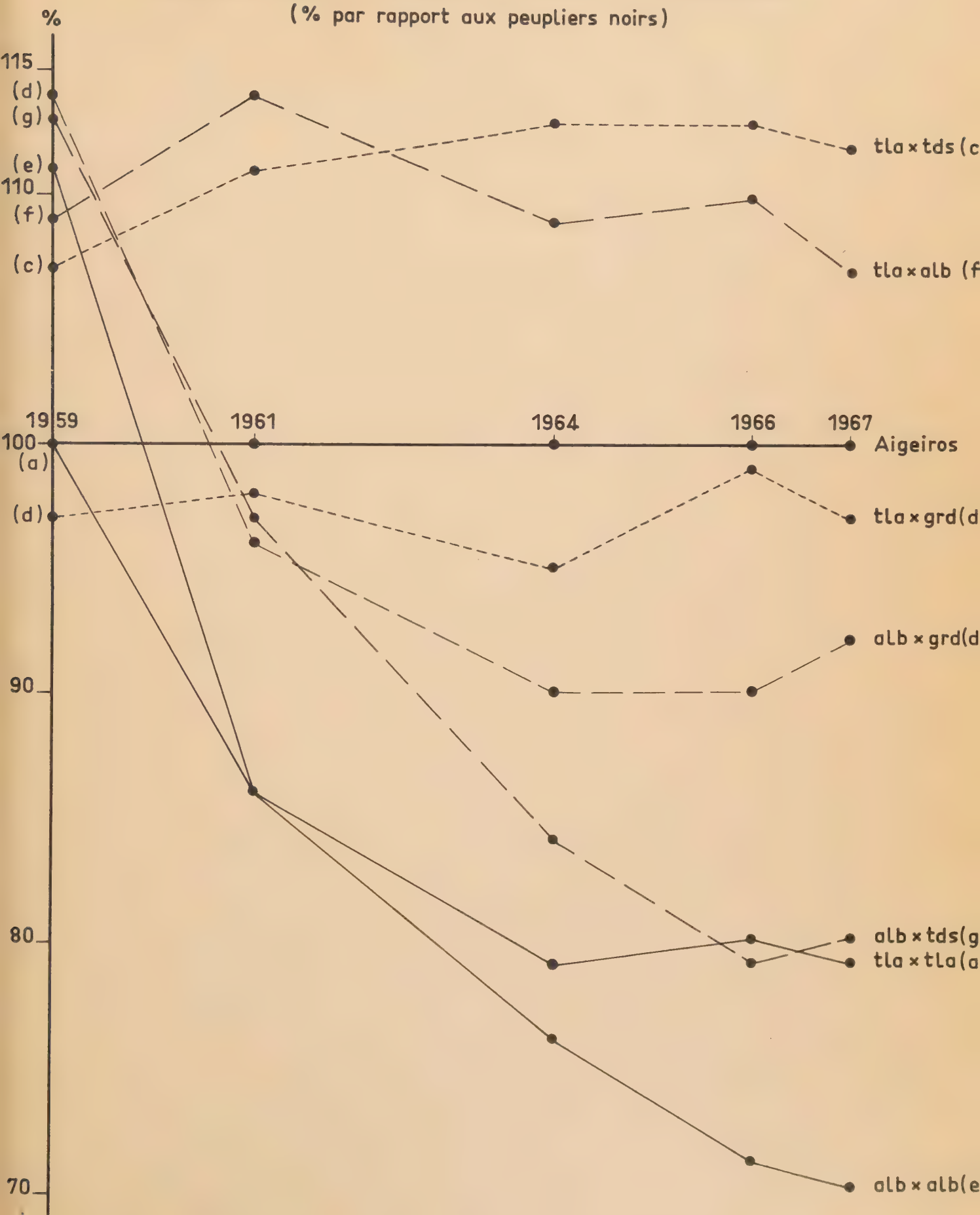
On peut dire qu'en 1966, l'évolution de la croissance en hauteur donne un classement pratiquement définitif où les hybrides "tla x tds" (à l'exception de la famille 315) et "tla x alb" sont les meilleurs ; certains d'entre eux ont même maintenant une hauteur moyenne significativement supérieure à celle des peupliers eura-méricains : les familles 312, 311 et 313 ont une hauteur moyenne de 15 à 20 % supérieure à celles du "I 214" et du "Virginiana". Les autres croisements (P. tremula, P. alba, "alb x tds", "alb x grd") et le peuplier "Robusta" sont significativement inférieurs aux premiers cités pour la hauteur.

Sur le graphique IV-5, nous avons montré l'évolution de la hauteur moyenne des familles groupées en fonction de leurs espèces parentes de 1959 à 1967, en la comparant à celle des 3 peupliers de la Section Aigeiros, dont la hauteur moyenne a été prise comme base 100 pour chaque année de mesures.

On y voit que, parmi les familles dont une espèce parente est P. alba, seuls les hybrides "tla x alb" restent en moyenne toujours supérieurs aux peupliers eura-méricains. Ils ont d'ailleurs une hauteur significativement plus élevée que celle de leurs 2 espèces parentes dès 1961.

De même, les hybrides "tla x tds" ont une croissance en hauteur bien supérieure à celle d'une espèce parente P. tremula ; l'autre

HAUTEUR DES DIFFERENTS TYPES DE CROISEMENT
(% par rapport aux peupliers noirs)



espèce ne figurait pas dans cette expérience. Ce sont les hybrides les plus intéressants comparés aux peupliers euraséens pour le caractère hauteur. Les hybrides avec P. grandidentata comme parent mâle ne sont que légèrement supérieurs à l'espèce pure utilisée comme parent femelle.

4242 - Expérience 3 603 2

Plantée en même temps que l'expérience précédente, celle-ci comprend 7 familles différentes de celles présentées dans le paragraphe ci-dessus. Les résultats d'ensemble pour les différentes années de mesure sont sensiblement les mêmes (graphique IV-6).

On peut cependant remarquer que la famille 706 (tla x alb) a une hauteur significativement supérieure à celle des autres familles dans les premières années et, qu'en 1959, toutes les familles ayant au moins un peuplier blanc comme parent ont une hauteur plus élevée que celle de toutes les autres, leur croissance en pépinière ayant été meilleure.

Dès 1961, les hybrides "tla x tds" montrent une bonne croissance en hauteur et en 1966, ils se retrouvent avec les hybrides "tla x alb" en tête du classement. L'hybride 704 est issu d'un croisement "alb x tla" ; par suite de son extrême sensibilité à "Venturia tremulae", sa croissance en hauteur reste faible.

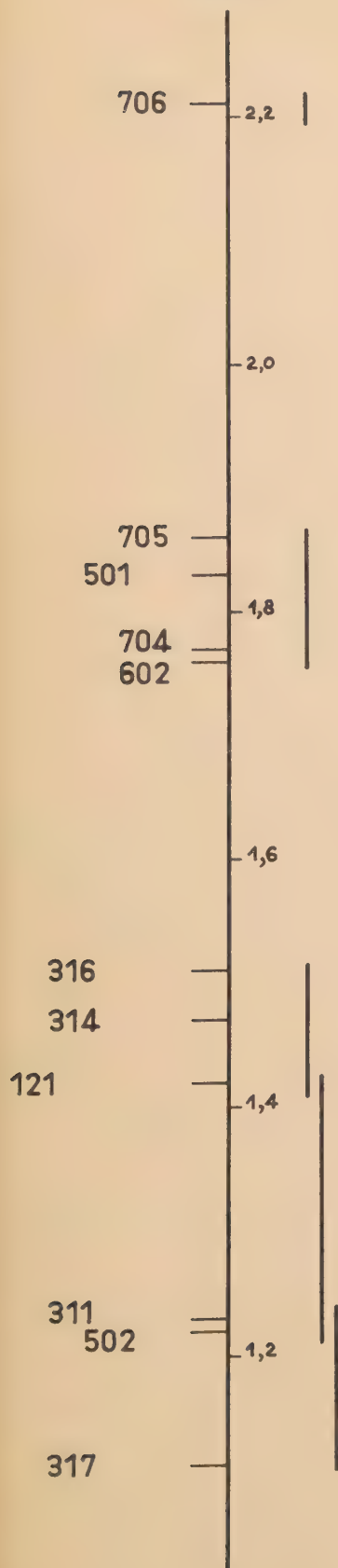
4243 - Expérience 3 604 1

L'un des intérêts de cette expérience par rapport aux deux précédentes est l'introduction de 3 familles de P. tremuloïdes purs et d'hybrides réciproques qui n'existaient pas dans les résultats donnés ci-dessus. La supériorité des hybrides "tla x tds" en hauteur sur le parent P. tremula est moins nette sur P. tremuloïdes ; mais les écarts tendent à augmenter régulièrement de 1964 à 1967 en faveur des croisements interspécifiques. Les hybrides réciproques n'ont pas une croissance très différente.

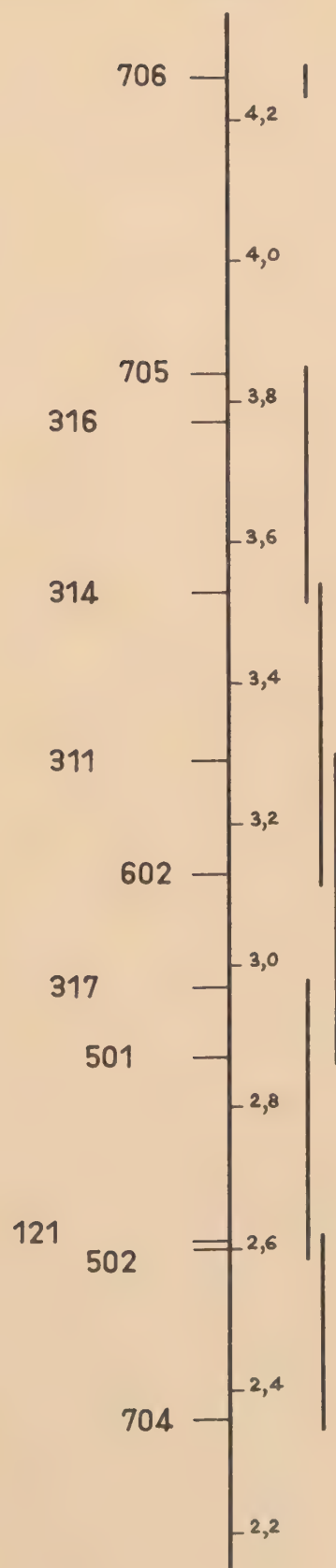
Le bon comportement des hybrides "tla x alb" par rapport aux peupliers blancs purs se confirme encore une fois, tandis que les hybrides réciproques ont une croissance très faible (la famille 711 n'est pas indiquée sur le graphique IV-7 par suite de son fort taux de mortalité).

HAUTEUR (m)

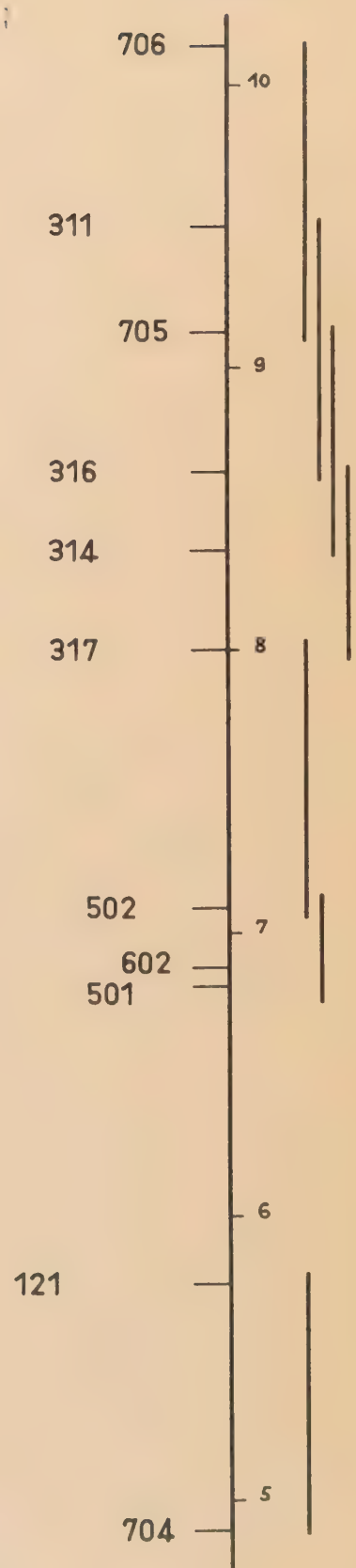
1959



1961



1966



Il n'y a pas de différences notables entre les croisements entre P. alba et P. tremuloïdes, quel que soit le sexe des espèces parentes. En plus, ces hybrides ont en moyenne une croissance en hauteur équivalente à celle des espèces parentes.

43 - SURFACE TERRIERE MOYENNE

431 - MESURE ET ECHANTILLONNAGE

Pour exprimer les variations de grosseur des arbres, nous avons choisi la surface terrière moyenne des arbres qui donne une meilleure idée de la quantité de bois fabriqué que la circonférence ou le diamètre, la surface terrière d'un arbre étant la surface de la section transversale à hauteur d'homme (66). Les mesures ont été effectuées sur la circonférence des arbres à 1,30 m (C). On obtient ainsi la surface terrière par la formule :

$$S = C^2 / 4 \pi$$

On a choisi le même échantillon que celui utilisé pour les calculs de hauteur, c'est-à-dire la moyenne des 3 arbres dominants par parcelle unitaire : on a donc pris la surface terrière des mêmes arbres que ceux utilisés pour la hauteur moyenne. Comme la surface terrière exprime une surface, variable qui est fortement dissymétrique, on a effectué une transformation logarithmique des mesures individuelles.

432 - SURFACE TERRIERE MOYENNE EN 1967

Comme il y a peu de variation dans le classement des surfaces terrières moyennes d'une année à l'autre, nous donnons ici les résultats de l'année 1967 pour les 3 expériences (graphique IV-8).

Ces résultats donnent des classements assez peu différents de ceux indiqués dans les études sur la hauteur en 1966.

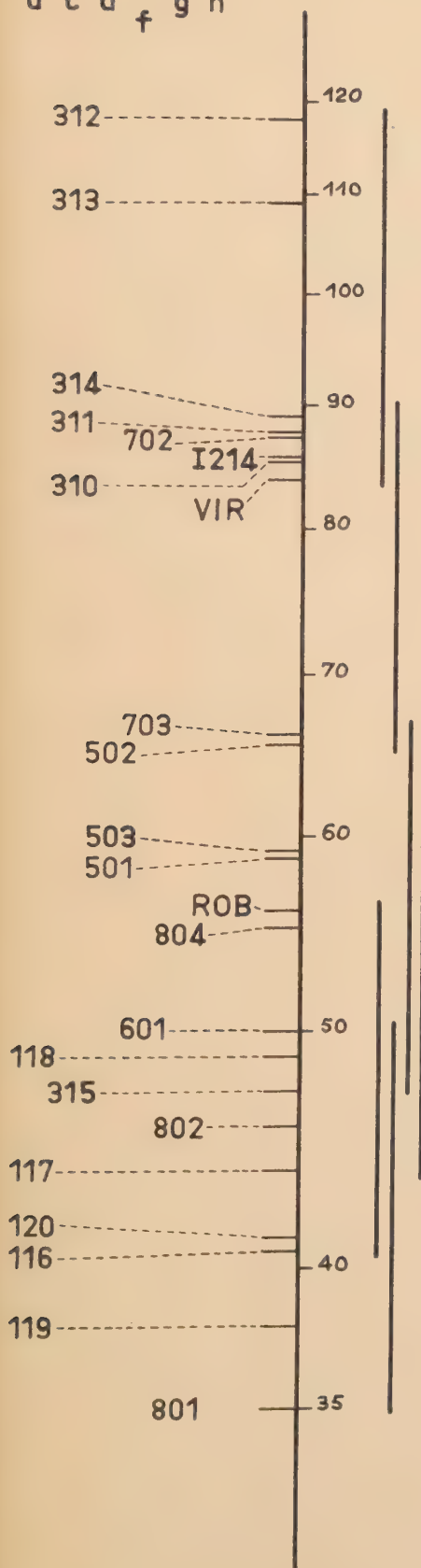
On peut remarquer cependant que dans l'expérience 3 603 1, les deux peupliers eurafricains "I 214" et "Virginiana" ne sont significativement inférieurs à aucun hybride "tla x tds". Ces derniers ont encore une surface terrière moyenne significativement supérieure à celle des P. tremula purs, mais cette supériorité est moins accentuée par rapport aux P. tremuloïdes de l'expérience 3 604 1.

raphique IV-8

SURFACE TERRIERE MOYENNE EN 1967 (cm²)

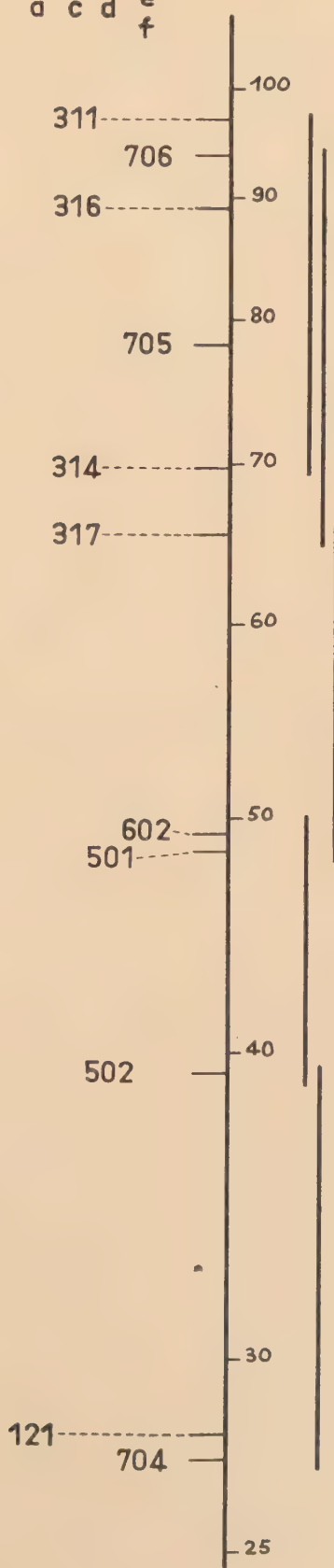
3 603 1

a c d e
f g h



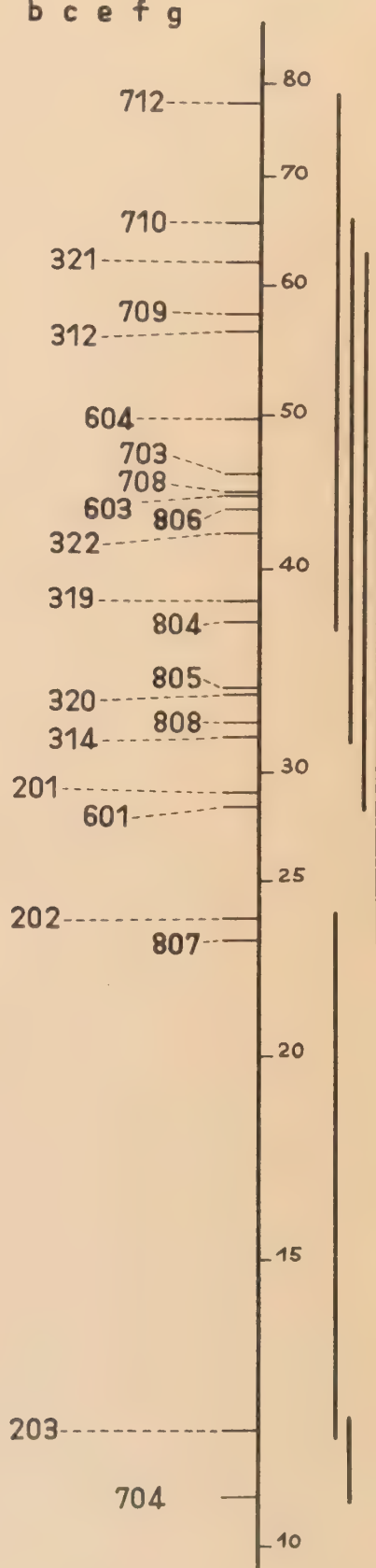
3 603 2

a c d e
f



3 604 1

b c e f g



Dans les 3 expériences, les peupliers blancs sont mieux classés en surface terrière qu'en hauteur :

TABLEAU IV-4

CLASSEMENT DES PEUPLIERS BLANCS

(	:	:	:	:	:	:	)
(	:	3 603 1	:	3 603 2	:	3 604 1	)
(	Caractéristiques	:	:	:	:	:	)
(	de croissance	:	:	:	:	:	)
(	:	601	:	602	:	601	:
(	:	:	:	:	:	603	:
(	:	:	:	:	:	:	604
(	:	:	:	:	:	:	)
(	:	:	:	:	:	:	)
(	Hauteur.....	:	19e	:	8e	:	23e
(	:	:	:	:	:	:	14e
(	:	:	:	:	:	:	19e
(	Surface terrière...	:	15e	:	7e	:	19e
(	:	:	:	:	:	:	9e
(	:	:	:	:	:	:	6e
(	:	:	:	:	:	:	)

Il ne semble pas que cette caractéristique se retrouve chez les hybrides entre P. alba et les trembles.

433 - CROISSANCE EN SURFACE TERRIERE

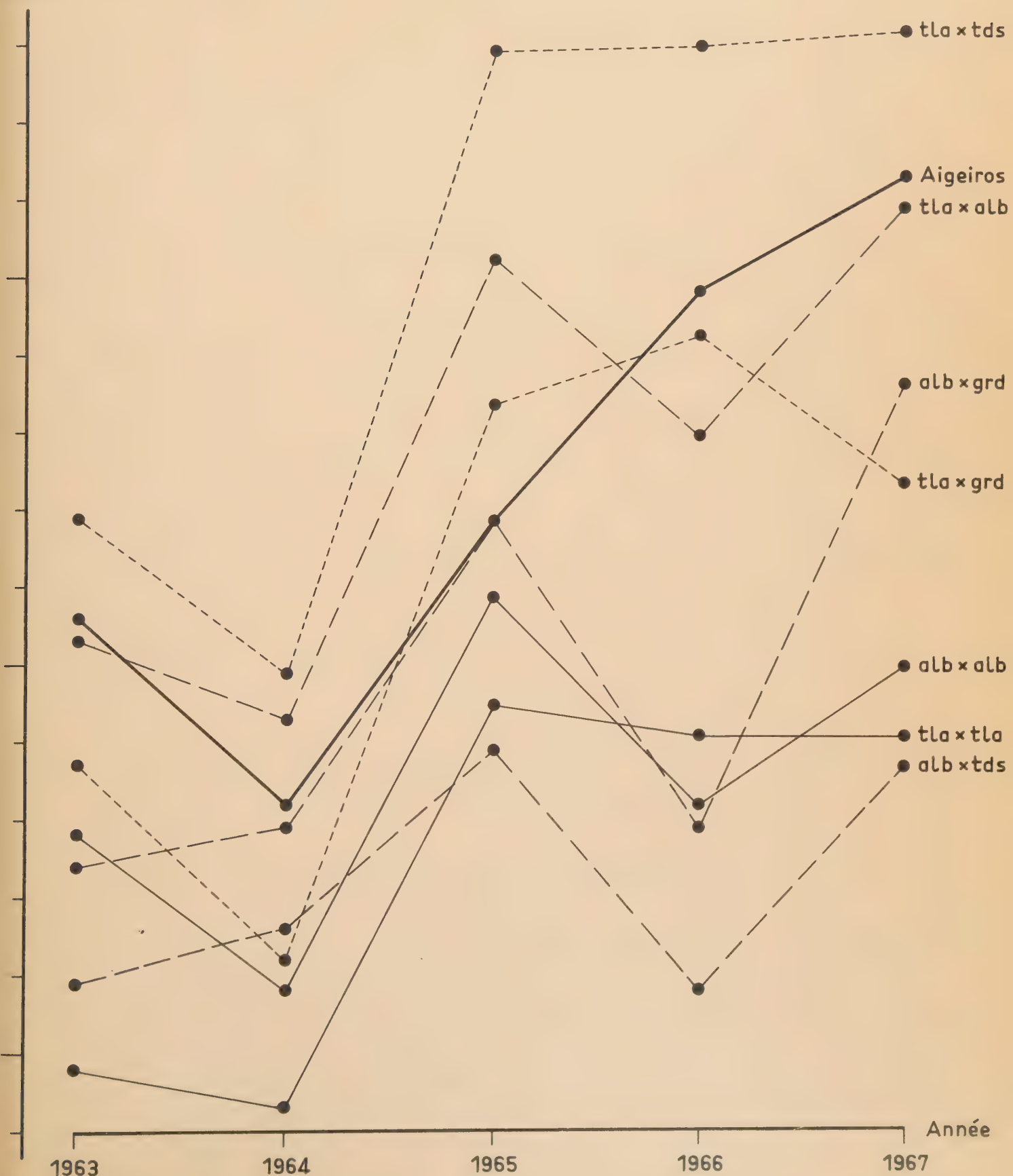
Nous avons étudié l'évolution de la surface terrière en analysant la croissance moyenne annuelle des différents types de croisement dans les dernières années.

4331 - Expérience 3 603 1

Le graphique IV-9 montre la supériorité des hybrides tla x tds dont la surface terrière moyenne est la meilleure pour les 5 années de mesures. Les peupliers de la Section Aigeros ont eu une croissance très nettement plus faible que ces hybrides surtout en 1965 où la saison de végétation a été très humide. L'année 1964 a eu, par contre, un été sec et il y a eu une baisse de la croissance par rapport à l'année précédente, sauf pour les deux types de croisement ayant un peuplier blanc comme parent femelle et un tremble américain comme parent mâle. Seuls les croisements dont un parent est un peuplier blanc marquent une baisse de croissance en 1966. La supériorité des hybrides tla x alb sur leurs espèces parentes est incontestable pour les 5 années.

CROISSANCE MOYENNE ANNUELLE EN SURFACE TERRIERE
DES DIFFERENTS TYPES DE CROISEMENT

face terrière
(cm²)



4332 - Expérience 3 604 1

Dans cette expérience, les hybrides tla x alb ont une surface terrière moyenne supérieure aux hybrides tla x tds contrairement à l'expérience 3 603 1, la plupart des familles des deux types de croisement sont d'ailleurs différentes. Les hybrides interspécifiques entre trembles européens et américains se montrent supérieurs à P. tremuloïdes, comme ils l'étaient sur P. tremula dans l'autre expérience. Par contre, les hybrides entre P. alba et P. tremuloïdes ont une croissance intermédiaire entre celles de leurs espèces parentes.

44 - ETUDES SUR LES FAMILLES COMMUNES AUX EXPERIENCES

Un problème se pose toujours dans les expériences où l'on veut comparer des provenances ou des descendance, c'est de pouvoir relier entre eux les résultats de dispositifs installés dans des stations ou des années différentes. On utilise alors des témoins communs à plusieurs dispositifs en estimant que ces témoins auront le même comportement relatif quelle que soit la station ou l'année.

Pour les 3 expériences que nous étudions, il y a une famille commune aux 3 (314) et, en plus, des familles communes aux expériences prises deux à deux :

- 3 pour 3 603 1 et 3 603 2 ;
- 4 pour 3 603 1 et 3 604 1 ;
- 1 pour 3 603 2 et 3 604 1.

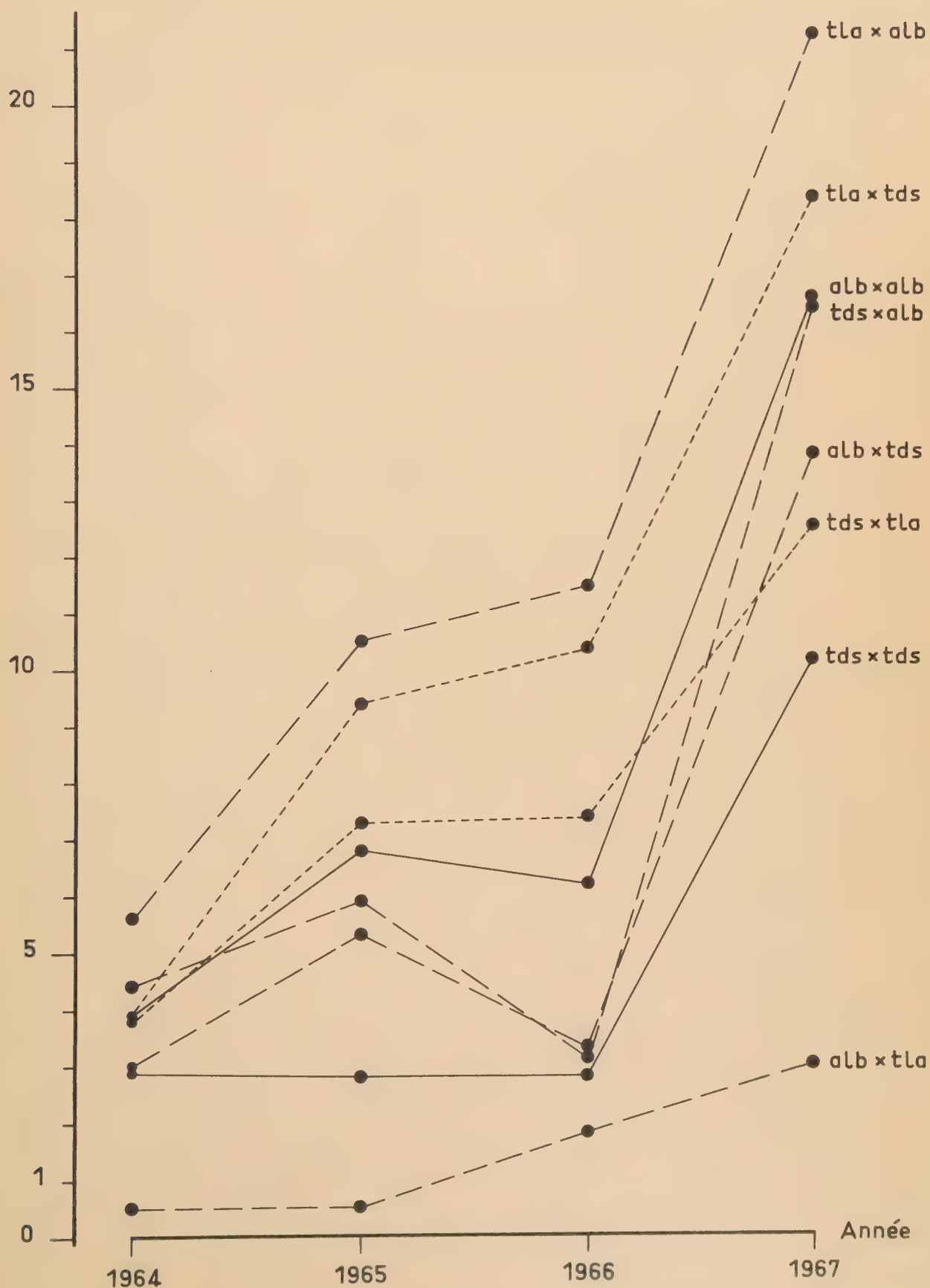
Pour les deux dernières expériences citées, il y a deux familles communes qui sont significativement différentes pour les 3 caractères étudiés : survie, hauteur et surface terrière.

441 - EXPERIENCES PLANTEES LA MEME ANNEE

Le classement des familles communes est le même pour chaque caractère dans les 2 expériences 3 603 1 et 3 603 2, les inversions entre deux familles n'existant que pour deux familles qui ne sont pas significativement différentes (graphique IV-11). Mais, suivant la précision de l'expérience, les écarts entre les deux familles peuvent être ou non significatifs. L'expérience 3 603 2 est plus précise que l'expérience 3 603 1.

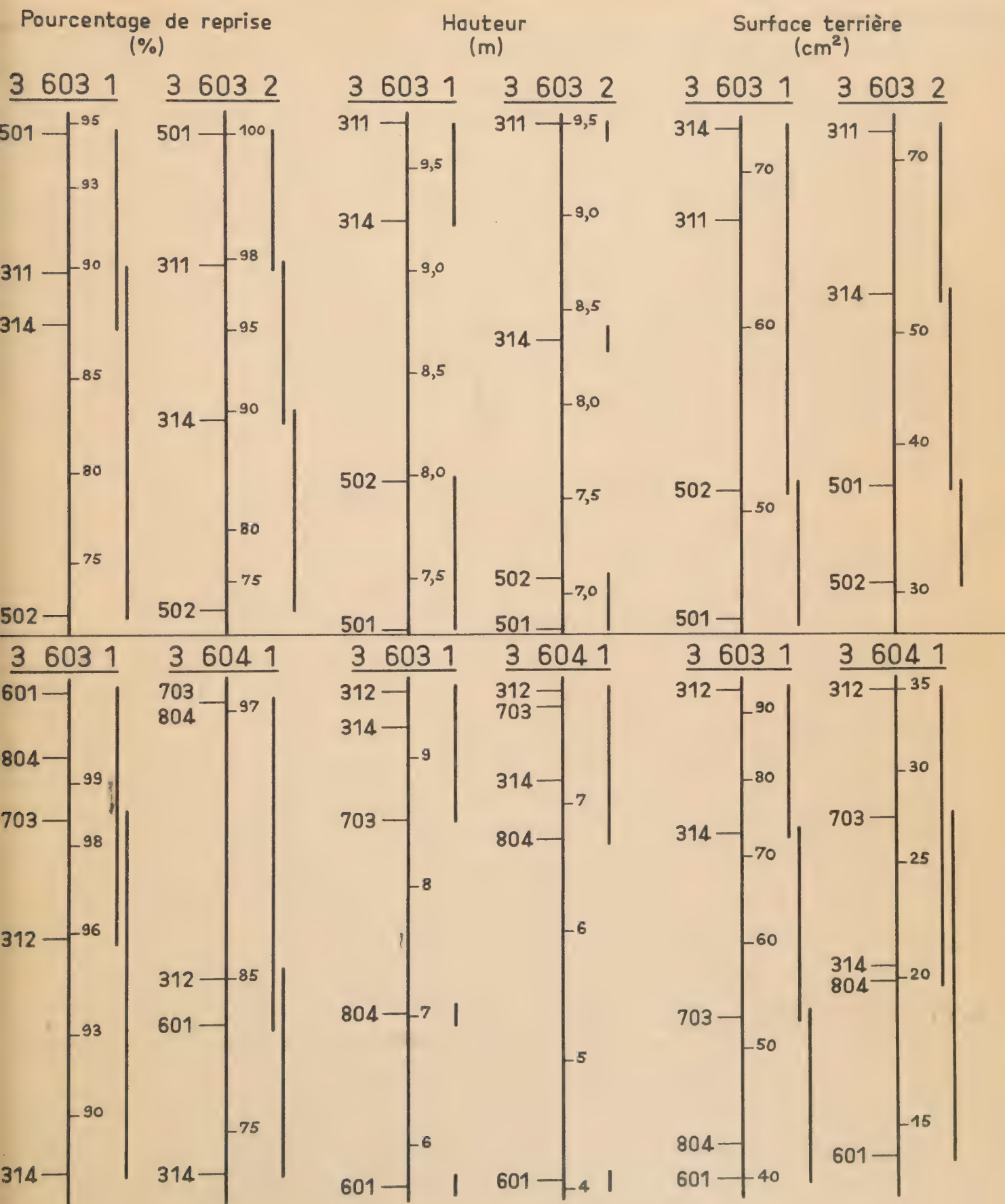
CROISSANCE MOYENNE ANNUELLE EN SURFACE TERRIERE
DES DIFFERENTS TYPES DE CROISEMENT

Surface terrière
(cm²)



aphique IV - 11

ETUDE DES FAMILLES COMMUNES AUX EXPERIENCES A 8 ANS



442 - EXPERIENCES PLANTEES DEUX ANNEES DIFFERENTES

On peut faire la même remarque que dans le paragraphe précédent, les inversions de classement entre familles n'existent que pour des familles qui ne sont pas significativement différentes. Mais on peut avoir des modifications de classement entre plus de deux familles, comme dans le cas du pourcentage de reprise. Il ne faut pas oublier que dans cette comparaison entre deux expériences installées deux années différentes, les graines ont été conservées pendant un an pour l'expérience 3 604 1 (on en ignore les conséquences) et l'élevage en pépinière a subi des conditions climatiques différentes d'une année à l'autre.

On constate d'ailleurs que les différences de classement sont plus importantes pour la survie et la surface terrière que pour la hauteur, car ces deux caractères sont plus influencés par des différences de milieu.

443 - CLASSEMENT UNIQUE DES 3 EXPERIENCES

Pour pouvoir faire un classement unique de toutes les familles, il faudrait faire le calcul des données manquantes, correspondant aux familles n'existant que dans une ou deux expériences. Dans le cas qui nous occupe il y a trop de données manquantes et la précision du résultat risquerait d'être illusoire.

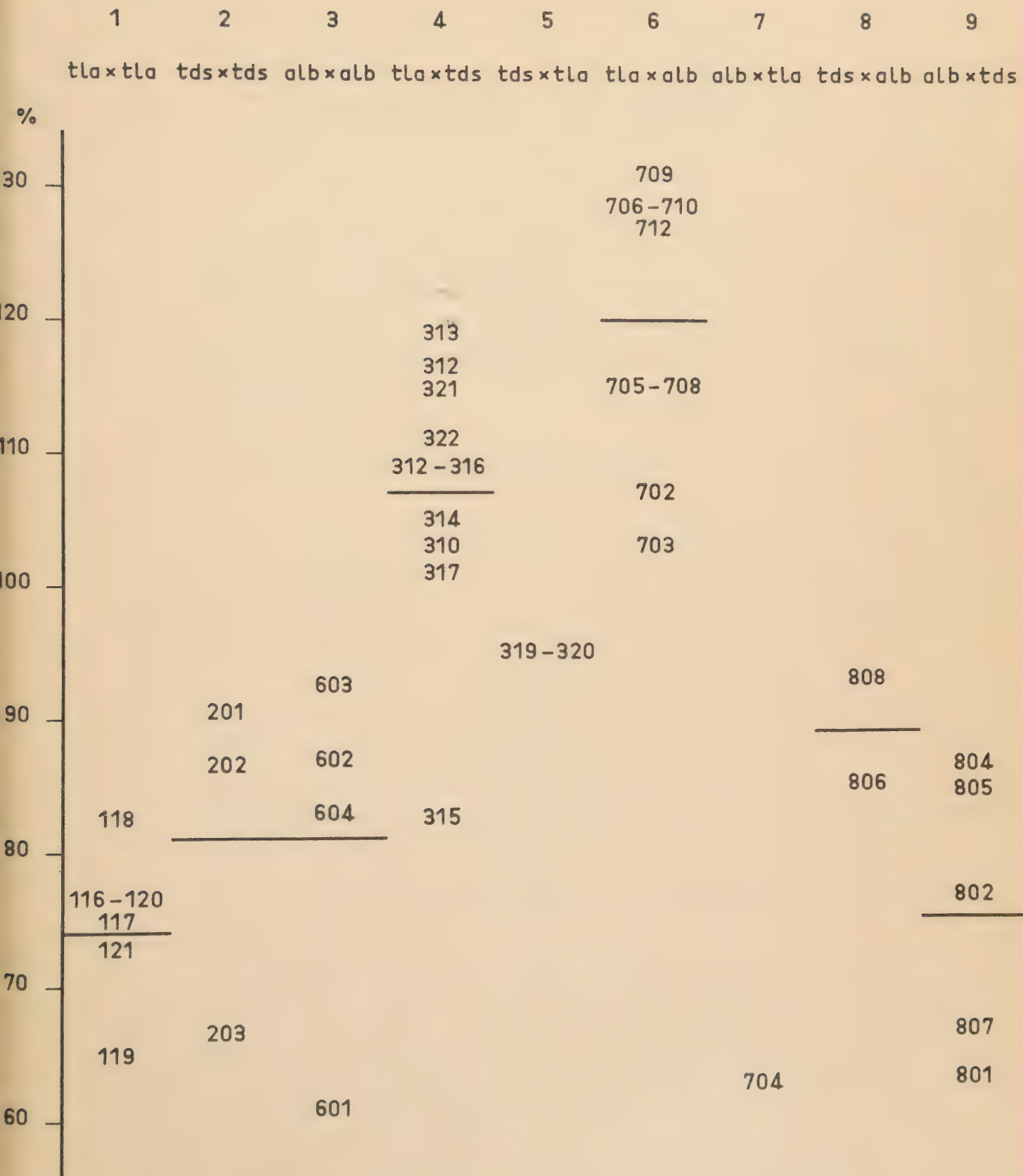
On a toutefois réalisé un classement unique pour les 3 expériences afin de pouvoir regrouper ensemble les familles issues du même type de croisement pour les comparer avec celles d'un autre type. Le graphique IV-12 donne le classement pour la hauteur à 8 ans en valeur relative en prenant pour la valeur 100, la valeur moyenne de hauteur des familles communes aux expériences prises deux à deux.

L'examen de ce graphique montre qu'il y a peu de différence entre les valeurs moyennes des espèces pures (colonne 1 à 3). De même, les valeurs moyennes des croisements tds x alb et réciproques sont très voisines de celles des espèces parents.

Par contre, neuf sur dix des croisements tla x tds et les huit croisements tla x alb sont supérieurs aux meilleurs croisements des espèces parents. Ces hybridations interspécifiques montrent un phénomène de dominance analogue à celui que nous avons mis en évidence pour les débourvements.

graphique IV - 12

HAUTEUR A 8 ANS



45 - PRODUCTION EN VOLUME DES MEILLEURES FAMILLES

Le volume calculé ici correspond au volume total des arbres et non au volume commercial, puisque les arbres sont encore loin de leur âge d'exploitabilité.

Le volume se calcule selon une formule classique en fonction de la hauteur totale et de la surface terrière à mi-hauteur (PARDE, 66) :

$$V = H \times C^2 / 4 \pi$$

Dans un peuplement dense et pour des arbres jeunes, il est difficile de mesurer la circonférence à mi-hauteur avec un instrument optique ; nous avons donc évalué le volume, à l'aide de la circonférence à 1,30 m au lieu de celle à mi-hauteur, mais en tenant compte de la décroissance des différentes familles, en estimant le coefficient de forme sur arbres abattus.

451 - CALCUL DU COEFFICIENT DE FORME

Le coefficient de forme est le rapport du volume total de l'arbre au volume d'un cylindre de même hauteur, mais dont la base est la surface terrière à 1,30 m. Ce qui revient à effectuer le rapport des carrés des circonférences à mi-hauteur et à 1,30 m.

Le calcul a été effectué d'une part sur 46 arbres âgés de 12 ans enlevés lors de la deuxième éclaircie dans une parcelle de 8,5 ares plantée avec un hybride tla x tds, n° 302, les arbres dominés avaient été éliminés à la première éclaircie 3 ans auparavant, d'autre part sur les arbres des mêmes familles que celles des expériences étudiées ici, coupées à 9 ans sur une parcelle voisine.

Les résultats figurent dans le tableau IV-5 ci-dessous.

(	:	:	:	:	:	:	:	:	)
(Familles ou clones	: 302	: 311	: 312	: 314	: 702	: 703	: I 214	: VIR	)
(	:	:	:	:	:	:	:	:	)
(	:	:	:	:	:	:	:	:	)
(Coefficient de forme	: 0,388	: 0,393	: 0,385	: 0,410	: 0,353	: 0,349	: 0,471	: 0,450	)
(	:	:	:	:	:	:	:	:	)

On voit que les coefficients de forme sont relativement faibles pour les familles hybrides de la Section Leuce et nettement plus

élevés pour les clones de peupliers noirs.

Pour les calculs de volume, on a donc pris pour le coefficient de forme la valeur de 0,39 pour les hybrides tla x tds et 0,35 pour les hybrides tla x alb.

452 - PRODUCTION EN VOLUME DE QUELQUES FAMILLES DE L'EXPERIENCE

3 603 1

Pour chaque famille, l'ensemble des 8 répétitions représente une surface de 3,2 ares pour les 80 plants installés au départ. Le volume de chaque arbre est calculé à partir de la formule suivante :

$$V = F \times H \times C^2 / 4n\pi$$

où F est le coefficient de forme,

H, la hauteur totale,

C, la circonférence à 1,30 m.

On a ainsi estimé la production par hectare pour les deux meilleurs clones "I 214" et "Virginiana", un hybride tla x alb, 702, et 3 hybrides tla x tds, 311, 312 et 313, en 1966, 1967 et 1969, c'est-à-dire à 8, 9 et 11 ans.

TABLEAU IV-6

PRODUCTION A L'HECTARE

(	:	:	:	:	:	:	:	)
(	:	1966	:	1967	:	1969	:	)
(	Clones	:	:	:	:	:	:	)
(	ou	:	:	:	:	:	:	)
(	Familles	:	Vol.	Accr.	Vol.	Accr.	Vol.	Accr.
(	:	(m3)	moyen	(m3)	moyen	(m3)	moyen	)
(	:	:	:	:	:	:	:	)
(	:	:	:	:	:	:	:	)
(	I 214	48,9	6,11	72,3	8,03	128,8	11,71	)
(	:	:	:	:	:	:	:	)
(	V I R	34,8	4,35	56,1	6,24	98,1	8,91	)
(	:	:	:	:	:	:	:	)
(	702	36,6	4,58	53,5	5,94	89,9	8,17	)
(	:	:	:	:	:	:	:	)
(	311	40,3	5,04	57,3	6,35	106,2	9,65	)
(	:	:	:	:	:	:	:	)
(	312	50,8	6,35	70,5	7,83	133,7	12,16	)
(	:	:	:	:	:	:	:	)
(	313	56,3	7,04	77,2	8,58	144,7	13,16	)
(	:	:	:	:	:	:	:	)

Bien entendu, le calcul du volume à l'hectare est une extrapolation et le volume total peut être assez différent du volume commercial, mais on peut constater deux résultats importants :

- d'une part, l'augmentation du volume est forte de 8 à 11 ans malgré une densité élevée (2 100 à 2 400 plants à l'hectare) et, du même ordre de grandeur pour "I 214" et les deux meilleurs hybrides tla x tds ;

- d'autre part, les accroissements moyens à l'hectare dépassent nettement 10 m³/ha/an à 11 ans pour les meilleurs hybrides tla x tds et cela sans sélection préalable des meilleurs individus de chaque famille.

Il est difficile d'extrapoler ces résultats, mais on peut penser atteindre un accroissement moyen à l'ha, au moment de l'âge d'exploitabilité, voisin du résultat indiqué par JOHNSON de 16 m³/ha/an pour le sud de la Suède avec des hybrides P. tremula x P. tremuloïdes.

46 - CONCLUSION

Les observations faites sur le pourcentage de reprise et sur les caractéristiques de croissance laissent apparaître l'intérêt de la réalisation d'hybrides interspécifiques entre peupliers de la Section Leuce pour le reboisement sur des terrains à sol hydromorphe. Pour le pourcentage de reprise, les résultats sont voisins ou inférieurs à ceux des peupliers euraméricains, ce qui est normal ; les clones ont déjà subi une sélection pour leur aptitude favorable à l'enracinement. Pour les caractéristiques de croissance, on constate la manifestation d'un hétérosis à la fois sur les hybrides P. tremula x P. tremuloïdes, comme l'ont montré les Suédois, et les hybrides P. tremula x P. alba, contrairement aux résultats publiés en Europe Centrale.

La supériorité de certaines de ces familles hybrides par rapport au clone "I 214" permet d'envisager une sélection des meilleures individus afin de créer des cultivars utilisables sur des stations analogues.

CHAPITRE V

OBSERVATIONS

SUR LA

TAVELURE DU TREMBLE

(VENTURIA TREMULAE)

51 - GENERALITES SUR LA TAVELURE DU TREMBLE

Nous avons déjà signalé l'extrême sensibilité à Venturia tremulae des trembles des Alpes françaises que nous avons utilisés dans nos premiers croisements et la bonne résistance des hybrides tremula x tremuloïdes (3). Nous avons choisi alors ces trembles montagnards, car ils ont une forme excellente et une écorce fine. Dans les expériences dont nous parlons ici, nous avons donc utilisé aussi des trembles de plaine afin de trouver des clones moins sensibles à ce champignon.

511 - DEGATS DUS A LA TAVELURE DU TREMBLE

Il s'agit d'un champignon, faisant partie des Ascomycètes, que l'on rencontre en France sur P. tremula, P. alba et P. canescens. On a souvent affaire à la forme conidienne connue sous le nom de Pollacia radiosa : la tavelure du tremble. VIENNOT-BOURGIN décrit ainsi les dégâts observés sur les feuilles : "Elle se manifeste sur les feuilles sous forme de petites taches presque régulièrement arrondies, à centre clair, tandis que le bord en est cerné d'une bande noir ou brun foncé". (67)

Mais sur les individus sensibles, les pousses sont aussi atteintes. Elles noircissent, sèchent en forme de crosse. Si l'attaque du champignon est importante, un grand nombre d'extrémités de pousses meurent ; les bourgeons de la base des pousses débourent et l'arbre ressemble plus à un pommier qu'à un peuplier. Quand la pousse terminale est détruite, l'arbre est tout déformé. Dans certains cas, il est possible que les dégâts entraînent la mort de l'arbre.

512 - RECHERCHES EFFECTUEES EN ALLEMAGNE FEDERALE

A notre connaissance, les seules recherches effectuées pour la sélection des peupliers de la Section Leuce résistant à Venturia tremulae l'ont été en Allemagne en collaboration entre l'Institut de Hann Münden et la Station de Recherches de Munich. Les trembles et les grisards sont utilisés pour le reboisement en moyenne altitude, en particulier en Bavière. ZYCHA et WEISGERBER ont étudié le comportement de trembles et de grisards dans treize places d'expériences de 5 à 10 ans, installées sur des types de sols différents et à des altitudes différentes (68). Leurs travaux ont porté à la fois sur des clones et des descendance.

Ils ont noté une résistance satisfaisante de P. alba, une sensibilité plus ou moins forte chez P. tremula et un comportement intermédiaire pour les hybrides entre ces deux espèces, avec une résistance plus marquée chez les types voisins de P. alba, et une sensibilité plus grande chez les types voisins de P. tremula. Mais l'expression de la sensibilité d'un clone peut varier beaucoup d'une année à l'autre ou même d'une station à l'autre la même année, alors que certains clones montrent une sensibilité extrême quelles que soient les conditions écologiques.

Plus récemment, DIMITRI et WEISGERBER ont confirmé ces premières études en complétant les observations faites sur le terrain par des essais d'inoculation artificielle en serre et à l'air libre (69). Ils ont pu préciser que le temps d'incubation est fort court (environ une semaine) mais que l'infection exige des conditions de température et surtout d'humidité très strictes. Il faut, en particulier, que la surface des feuilles soit maintenue humide assez longtemps pour obtenir des résultats intéressants. C'est sur des plants de trois ans que l'on peut voir le mieux les différences entre clones. Il semble que ces tests précoces donnent des résultats semblables à ceux obtenus dans les places d'expériences sur des plants de 10 ans.

52 - OBSERVATIONS SUR LA DEFEUILLAISSON

L'étude de la défeuillaison a été entreprise pour voir s'il existe une liaison entre ce caractère et la sensibilité à Venturia tremulae et pour voir si le comportement des hybrides interspécifiques était intermédiaire entre celui des espèces pures.

521 - METHODE DE MESURE

Nous avons utilisé une échelle de notation de 1 à 5 :

- 1 = feuilles vertes, pas de feuilles jaunes ;
- 2 = plus de la moitié des feuilles encore vertes ;
- 3 = moins de la moitié des feuilles encore vertes, début de la chute des feuilles ;
- 4 = feuilles jaunes, sauf la pousse terminale, chute de feuilles importante ;
- 5 = arbre presque entièrement défeuillé.

TABLEAU V-1

CLASSEMENT DES FAMILLES EN FONCTION DE LA DEFEUILLAISSON CROISSANTE

3 603 1	3 603 2	3 604 1
313	<u>311</u>	604
		603
116	316	
<u>314</u>		<u>601</u>
<u>311</u>	<u>314</u>	712
<u>312</u>		709
310		322
		<u>703</u>
<u>601</u>	602	<u>312</u>
<u>703</u>		805
702		708
503	317	321
<u>502</u>		
		710
<u>501</u>		<u>804</u>
<u>804</u>	<u>502</u>	
117		807
118	<u>501</u>	
		806
315	706	319
802		
	705	201
801		320
		808
120		203
		202
901	121	
119		<u>704</u>
	<u>704</u>	

Les numéros en italique sont ceux des familles communes à deux expériences.

522 - RESULTATS

Les calculs ont été exécutés expérience par expérience, sur les mesures effectuées le 5 octobre 1966 pour l'expérience 3 604 1 et le 11 octobre 1966 pour les deux autres, par la méthode du 2 I de l'information (tableau V-1).

On remarque d'abord la bonne similitude des classements des familles communes dans deux expériences. Les différences non significatives entre les familles 502 et 501 dans l'expérience 3 603 2, alors qu'elles le sont dans l'expérience 3 603 1, s'expliquent par les effectifs plus faibles de la première expérience. Il en est de même pour la famille 312 qui n'est pas significativement différente des familles 601 et 703 dans l'expérience 3 604 1 alors qu'elle apparaît à défeuillaison plus tardive dans l'expérience 3 603 1. Ces résultats permettent une comparaison objective entre les trois expériences.

On y note que les P. tremuloïdes sont à défeuillaison précoce ainsi que la plupart des P. tremula, la famille 116 faisant exception à la règle. Les P. alba semblent à défeuillaison tardive. Nous avons même remarqué sur certains plants des croisements 603 et 604 des dégâts de gelée précoce plusieurs hivers, dus probablement à un aoûtement insuffisant des pousses. Les hybrides entre ces espèces donnent des résultats assez variables. On constate cependant que chez les hybrides avec P. tremula, ceux qui défeuille le plus tôt sont ceux ayant P. tremula comme parent mâle (704, 320, 319). Les hybrides tremula x tremuloïdes (P. tremula comme parent femelle) sont presque tous à défeuillaison tardive alors que P. tremuloïdes est à défeuillaison précoce ainsi que la plupart des P. tremula. Il est possible que ce résultat puisse être relié à la vigueur hybride que nous avons observée chez ces croisements.

La liaison éventuelle entre la défeuillaison et la sensibilité à Venturia sera analysée un peu plus loin.

53 - OBSERVATIONS SUR LA TAVELURE DU TREMBLE

531 - METHODE DE MESURES

L'estimation des dégâts sur les arbres a été faite l'hiver, après la défeuillaison totale, sur l'importance des pousses détruites par

Venturia tremulae. Il nous a semblé que c'était ce type de dégâts qui pouvait représenter le mieux la sensibilité au champignon et être la cause d'une diminution de vitalité des arbres. L'échelle suivante a été utilisée pour apprécier la plus ou moins grande résistance des arbres :

- 0 = pas de pousse attaquée,
- 1 = de 1 à 3 pousses attaquées,
- 2 = de 4 à 10 pousses attaquées,
- 3 = plus de 10 pousses attaquées, mais moins de la moitié des pousses,
- 4 = plus de la moitié des pousses attaquées,
- 5 = toutes les pousses de la cime attaquées.

532 - PREMIERES OBSERVATIONS

La première mesure a eu lieu pendant l'hiver 1960-1961, c'est-à-dire, après la deuxième année de végétation. Elle a porté sur l'ensemble des familles des deux expériences 3 603 1 et 3 603 2. Une deuxième mesure a été effectuée deux ans plus tard sur le même échantillon.

TABLEAU V-2

POURCENTAGE D'ARBRES RESISTANT A VENTURIA TREMULAE

(classes 0 + 1)

Type de croisement	Nombre de familles	1960			1962		
		min.	moy.	max.	min.	moy.	max.
tla x tla	6	22	56	95	8	52	99
tla x tds	8	91	97	100	76	94	100
tla x grd	2	94	96	99	96	96	96
tla x alb	4	75	85	96	13	66	100
tla x cns	1		20			0	
alb x alb	2	98	99	100	98	98	98
alb x tla	1		26			1	
alb x tds	3	97	97	97	76	87	96
alb x grd	1		76			88	

Les observations ont porté sur environ 2 400 arbres chaque année de mesure. On a évalué par type de croisement le pourcentage de plants résistants ou peu sensibles au Venturia (classes 0 + 1). Le tableau V-2 donne les pourcentages minima, moyens et maxima pour chaque type de croisement.

Les trembles européens présentent une assez grande variabilité dans la résistance, certaines familles n'ayant que très peu de plants non attaqués alors que d'autres montrent une résistance assez élevée. Par contre, les deux familles de peuplier blanc n'ont pas subi de dégâts, les pousses abimées correspondant probablement à l'influence des gelées précoces de l'automne sur des pousses incomplètement aoûtées, apparemment les symptômes sont voisins. On retrouve le même degré de variation de résistance chez les hybrides entre ces deux espèces parmi lesquels il y a une famille pratiquement sans trace d'attaque et deux autres avec une sensibilité élevée.

Les hybrides entre les trembles américains (tremuloïdes et grandidentata) avec soit P. tremula, soit P. alba, ont tous une proportion élevée d'arbres résistants. Tous les hybrides avec P. tremula sauf un, ont un pourcentage d'arbres résistants supérieurs à 95 % en 1962. Les hybrides avec P. alba ont moins d'arbres résistants mais en ont au moins 75 %.

Au vu de ces résultats, nous n'avons fait porter les observations en 1967 que sur les P. tremula purs, pour comparer les sensibilités des familles ayant des parents communs, et sur les 2 hybrides entre P. tremula et P. alba ayant montré une résistance faible en 1963, c'est-à-dire, ceux de l'expérience 3 603 2. L'hybride tremula x canescens (901) a été exclu à cause de sa sensibilité extrême, tous les plants étant fortement attaqués dès 1962.

533 - LIAISON ENTRE LES OBSERVATIONS DES DIFFERENTES ANNEES

On utilise la méthode des corrélations entre plusieurs caractères (paragraphe 2523). Comme pour chaque année, il y a six classes de mesures, le nombre de combinaisons possible de ces classes de mesures pour deux années est de 36. Si l'effectif observé est significativement supérieur à l'effectif calculé, on a une liaison positive entre les classes correspondantes des deux années ; en d'autres termes, on a une fréquence observée plus élevée que ne laisserait prévoir une répartition au hasard.

TABLEAU V-3

CORRELATIONS ENTRE LES NOTATIONS DES ANNEES RPISES DEUX A DEUX

Classes	1960 - 1962			1962 - 1967		
	Effectifs observés	Effectifs calculés	Chi carré	Effectifs observés	Effectifs calculés	Chi carré
0 0	149	91,6	36,0 ^{xxx}	8	3,2	
0 1	48	32,7	7,1 ^{xx}	107	49,6	66,4 ^{xxx}
0 2	44	35,1		48	32,9	6,9 ^{xx}
0 3	26	36,1		17	26,9	
0 4	22	52,2	17,5 ^{xxx}	11	58,3	38,3 ^{xxx}
0 5	8	49,3	34,6 ^{xxx}	2	22,1	18,3 ^{xxx}
1 0	15	15,4		2	1,2	
1 1	4	5,5		18	17,7	
1 2	6	5,9		18	11,8	
1 3	7	6,1		15	9,6	
1 4	5	8,8		14	20,8	
1 5	13	8,3		2	7,9	4,4 ^x
2 0	9	15,1		0	1,2	
2 1	5	5,4		16	18,8	
2 2	8	5,8		17	12,5	
2 3	5	6,0		14	10,2	
2 4	19	8,6	12,5 ^{xxx}	25	22,0	
2 5	3	8,1		1	8,3	6,5 ^x
3 0	7	18,2	6,9 ^{xx}	0	1,3	
3 1	4	6,5		7	19,5	8,0 ^{xx}
3 2	8	7,0		9	13,0	
3 3	10	7,1		15	10,6	
3 4	19	10,4	7,2 ^{xx}	32	22,9	
3 5	11	9,8		13	8,7	
4 0	12	44,4	23,6 ^{xxx}	0	1,8	
4 1	6	15,9	6,1 ^x	5	28,3	19,2 ^{xxx}
4 2	7	17,0	5,9 ^x	7	18,8	7,4 ^{xx}
4 3	25	17,5		16	15,3	
4 4	41	25,3	9,7 ^{xx}	60	33,2	21,6 ^{xxx}
4 5	53	23,9	35,4 ^{xxx}	22	12,6	7,0 ^{xx}
5 0	1	8,3	6,4 ^x	0	1,3	
5 1	2	3,0		2	21,1	17,3 ^{xxx}
5 2	1	3,2		4	14,0	7,2 ^{xx}
5 3	3	3,3		7	11,4	
5 4	4	4,7		40	24,8	9,4 ^{xx}
5 5	16	4,5	29,5 ^{xxx}	29	9,4	41,0 ^{xxx}
	626	626,0		603	603,0	

Valeur du Chi carré soulignée = liaison négative.

.../...

Inversement, si l'effectif observé est significativement inférieur à l'effectif calculé, on a une liaison négative entre les classes correspondantes des deux années.

Pour le calcul, on a groupé huit familles (6 tla x tla, 1 tla x alb et 1 alb x tla).

Le tableau V-3 indique les corrélations entre les notations des années 1960 et 1962 d'une part, et les années 1962 et 1967 d'autre part. Les liaisons positives, dans les deux cas, se rencontrent pour des notations voisines ; en voici la liste par ordre décroissant de valeur du Chi carré :

<u>1960 - 1962</u>	<u>1962 - 1967</u>
0 - 0 seuil 0,1 %	0 - 1 seuil 0,1 %
4 - 5 seuil 0,1 %	5 - 5 seuil 0,1 %
5 - 5 seuil 0,1 %	4 - 4 seuil 0,1 %
2 - 4 seuil 0,1 %	5 - 4 seuil 1 %
4 - 4 seuil 1 %	4 - 5 seuil 1 %
3 - 4 seuil 1 %	0 - 2 seuil 1 %
0 - 1 seuil 1 %	

On peut noter une évolution des notations vers des valeurs plus élevées et la disparition dans la liaison entre les années 1962 et 1967 de la combinaison 0 - 0 par suite d'une forte réduction des effectifs de la note 0 en 1967, seulement 10 arbres.

A l'opposé, les liaisons négatives existent entre les notations extrêmes ; nous les donnons par ordre décroissant de valeur du Chi carré :

<u>1960 - 1962</u>	<u>1962 - 1967</u>
0 - 5 seuil 0,1 %	0 - 4 seuil 0,1 %
4 - 0 seuil 0,1 %	4 - 1 seuil 0,1 %
0 - 4 seuil 0,1 %	0 - 5 seuil 0,1 %
3 - 0 seuil 1 %	5 - 1 seuil 0,1 %
5 - 0 seuil 5 %	3 - 1 seuil 1 %
4 - 1 seuil 5 %	4 - 2 seuil 1 %
4 - 2 seuil 5 %	5 - 2 seuil 1 %
	2 - 5 seuil 5 %
	1 - 5 seuil 5 %

Ces résultats montrent qu'avec le temps et dans les années où il y a un grand développement du Venturia, le nombre de plants restant

indemnes chez les familles étudiées est très faible. Mais que, malgré l'intensité de l'attaque en 1967, il reste encore un nombre élevé de plants (plus de 20 %) qui ont subi peu de dégâts.

Il est intéressant de confirmer ces résultats en estimant la liaison entre les notations pour les 3 années. Mais, avec les 6 classes de mesure, on aurait $(6)^3 = 216$ combinaisons. Un nombre aussi élevé de combinaisons conduirait obligatoirement à des effectifs calculés très faibles (inférieurs à 5) pour un grand nombre de combinaisons et l'on sait que le calcul d'un Chi carré pour un effectif théorique faible n'a pas de signification. C'est pourquoi, nous avons groupé les classes deux à deux, on n'a ainsi que trois notations par an et le nombre de combinaisons devient alors $(3)^3 = 27$.

Dans le tableau V-4, on a représenté les trois notations par des lettres :

R = résistant, notes 0 - 1 ;

S = sensible, notes 2 - 3 ;

TS = très sensible, notes 4 - 5.

On remarque les valeurs très élevées du Chi carré pour les plants notés, soit très sensible, soit résistant pour les trois années, ce qui confirme les résultats précédents. Mais si 54 % des plants notés très sensibles en 1960 le sont encore lors des deux autres notations, seulement 36 % des plants notés résistants en 1960 ont eu cette même note en 1962 et en 1967. Cela exprime que si un grand nombre de plants semblaient résistants au début de l'expérience, il fallait attendre plusieurs années avant de pouvoir faire une sélection parmi les plants véritablement résistants. On note aussi des liaisons positives significatives pour les plants notés sensibles la première année, puis très sensibles par la suite, et pour ceux notés résistants aux deux premières observations, puis sensibles en 1967. La quantité de spores était probablement insuffisante les années qui ont suivi la plantation pour assurer une bonne inoculation.

A l'opposé, on trouve des corrélations négatives entre les notations résistantes et très sensibles, les effectifs observés étant toujours plus faibles que les effectifs calculés.

Ces résultats qui montrent l'intérêt de ces observations pour la sélection d'arbres résistants ont été complétés par l'étude comparée des huit familles prises en considération.

TABLEAU V-4

CORRELATIONS ENTRE LES NOTATIONS POUR LES TROIS ANNEES

Années			Effectifs observés	Effectifs calculés	Chi carré	
60	62	67			cor. posi.	cor. négat.
R	R	R	122	40,8	161,8 ^{xxx}	
R	R	S	78	46,2	21,9 ^{xxx}	
R	R	TS	16	62,0		34,4 ^{xxx}
R	S	R	21	23,2		
R	S	S	29	26,3		
R	S	TS	32	35,3		
R	TS	R	4	29,9		22,7 ^{xxx}
R	TS	S	9	33,9		18,6 ^{xxx}
R	TS	TS	32	45,4		4,8 ^x
S	R	R	9	12,1		
S	R	S	11	13,7		
S	R	TS	5	18,5		9,8 ^{xx}
S	S	R	2	6,9		
S	S	S	14	7,8	4,9 ^x	
S	S	TS	15	10,5		
S	TS	R	1	8,9		7,1 ^{xx}
S	TS	S	11	10,1		
S	TS	TS	34	13,5	31,0 ^{xxx}	
TS	R	R	4	18,8		12,0 ^{xxx}
TS	R	S	9	21,3		7,4 ^{xx}
TS	R	TS	8	28,6		15,9 ^{xxx}
TS	S	R	0	10,7		10,7 ^{xxx}
TS	S	S	12	12,1		
TS	S	TS	24	16,2		
TS	TS	R	2	13,8		10,7 ^{xxx}
TS	TS	S	14	15,6		
TS	TS	TS	85	20,9	196,0 ^{xxx}	
			603	603,0		

Valeur du Chi carré au seuil de 5 % : 3,8
1 % : 6,6
0,1 % : 10,8.

534 - COMPARAISON DES FAMILLES SUR LES TROIS ANNEES D'OBSERVATIONS

Les différences significatives entre les familles ont été évaluées à l'aide du critérium 2 I de l'information. On n'a tenu compte pour les comparaisons sur les trois années que des arbres vivants en 1967, étant donné qu'il ne semble pas y avoir de liaison entre les faibles mortalités observées dans chaque famille depuis 1960. L'hybride tremula x alba (704) fait exception, car sur les 69 plants existants en 1962, il n'en reste plus que 46 en 1967. Sur les 23 plants disparus, 22 avaient été notés 5 en 1962, ce qui ne prouve d'ailleurs pas que ce sont les dégâts de Venturia qui sont la cause de la mort des arbres.

On peut penser qu'en 1960, c'est-à-dire deux ans après la plantation, la quantité d'inoculum n'est peut-être pas encore répartie également sur les plantations et suffisamment importante pour que tous les plants sensibles aient été atteints. Il y a cependant déjà 4 familles sur les 8 étudiées qui ont près de la moitié de leurs plants notés 4 ou 5, c'est-à-dire déjà fortement touchés par la maladie. Parmi les 4 autres, la famille 116 a eu peu d'arbres attaqués (tableau V-5).

Si l'ordre des familles est peu différent dans le classement pour les deux autres années de mesures, le nombre des arbres résistants diminue en 1962, particulièrement pour deux familles : 118 et 706 et devient nul pour la famille 704 (tableau V-6).

En 1967, les familles se répartissent nettement en 3 groupes : le premier dans lequel les familles ont encore les deux tiers des arbres indemnes ou peu touchés, le deuxième avec un quart des plants résistants, le troisième n'ayant que des plants sensibles (tableau V-7). Ce dernier comprend les deux familles 119 et 120 qui ont leur parent femelle commun (5820), clone qui se trouve dans une collection voisine des plantations et pour lequel une sensibilité forte à la tavelure a été remarquée. Ce clone 5820 est aussi le parent femelle des hybrides 706 et 901 qui comptent l'un 13 % de plants résistants en 1962 et l'autre aucun (tableau V-8). C'est là que l'on voit l'intérêt des croisements tremula x tremuloïdes ou tremula x grandidentata pour la résistance à Venturia tremulae, car les deux familles 312 et 502, qui ont eu en 1962 respectivement 96 et 99 % de plants résistants, ont aussi été obtenues en utilisant le clone 5820 comme parent femelle.

TABLEAU V-5

NOMBRE D'ARBRES POUR CHAQUE NOTE EN 1960

- 77 -

N° de la famil.	Notation des dégâts						N	% de 0 et 1	Diff. sign.
	0	1	2	3	4	5			
116	82	2			4		88	95	
118	70	10	6	1	5	1	93	86	
117	60	8	11	2	5		86	79	
706	33	7	3	4	5		52	77	
119	11	6	9	12	33	2	73	23	
121	12	7	8	14	29	2	72	24	
120	19	3	7	19	31	14	93	24	
704	10	7	5	7	32	8	69	25	

TABLEAU V-6

NOMBRE D'ARBRES POUR CHAQUE NOTE EN 1962

N° de la famil.	Notation des dégâts						N	% de 0 et 1	Diff. sign.
	0	1	2	3	4	5			
116	81	6		1			88	99	
117	69	11	5		1		86	93	
118	20	26	19	10	12	6	93	49	
706	1	6	14	14	17		52	13	
120	11	7	16	21	25	13	93	19	
121	9	10	14	13	18	8	72	24	
119	2	3	5	13	25	25	73	7	
704			1	4	12	52	69	0	

TABLEAU V-7

NOMBRE D'ARBRES POUR CHAQUE NOTE EN 1967

N° de la famil.	Notation des dégâts						N	% de 0 et 1	Diff. Sign.
	0	1	2	3	4	5			
117	4	53	19	10			86	66	
116	3	50	26	8	1		88	65	
706	1	13	14	12	10	2	52	27	
118	2	20	18	18	34	1	93	24	
121		19	20	11	19	3	72	24	
120			3	15	57	18	93	0	
704			4	5	22	15	46	0	
119				4	39	30	73	0	

TABLEAU V-8
POURCENTAGE DE PLANTS RESISTANTS EN 1962

(	:							)
(	:							)
(	Parent	:						)
(	femelle	:						)
(	:	5 800	:	5 807	:	5 832	:	5 833
(	:	:	:	:	:	:	:	5 872
(	:	:	:	:	:	:	:	5 875
(	:	:	:	:	:	:	:	)
(	:	:	:	:	:	:	:	)
(	5 819	:	89	:	46	:	99	:
(	:	:	:	:	:	:	:	96
(	:	:	:	:	:	:	:	-
(	:	:	:	:	:	:	:	100
(	5 820	:	21	:	8	:	96	:
(	:	:	:	:	:	:	:	99
(	:	:	:	:	:	:	:	13
(	:	:	:	:	:	:	:	-
(	:	:	:	:	:	:	:	)

Par contre, les croisements avec le clone 5 819 comme parent femelle donne un nombre de plants résistants bien plus important, à la fois dans les croisements avec P. tremula et avec P. alba (la famille 702 a 100 % de plants résistants en 1963).

54 - LIAISONS AVEC D'AUTRES CARACTERES

541 - LIAISON AVEC LE DEBOURREMENT

Il ne semble pas qu'il y ait une liaison entre le débourrement et la sensibilité à la tavelure au niveau des familles. En effet, les deux familles ayant le plus fort pourcentage de plants résistants (116 et 117) ont une précocité intermédiaire entre celles de deux familles dont les individus sont très sensibles (119 et 120). On a voulu vérifier s'il en était de même au niveau individuel. On a réuni les observations de 7 des 8 familles précédentes, en éliminant la famille 704 qui avait eu une forte mortalité entre 1962 et 1967 et on a étudié la liaison entre les notations de sensibilité à la tavelure de 1967 et le débourrement du printemps 1968.

Pour effectuer le calcul, on a regroupé les notations 0 et 1 de sensibilité à la tavelure. Les résultats ne font apparaître que de faibles liaisons positives entre les notes de débourrement 6 (22/4) et 9 (10/5) d'une part et la note 4 de sensibilité à la tavelure ; mais les valeurs du Chi carré sont voisines du seuil de 5 % et il n'existe aucune autre liaison significative (tableau V-9). On peut donc en conclure qu'il n'existe pas de liaison entre le débourrement et la sensibilité à la ta-

velure : donc que la sélection sur l'un des caractères n'a pas d'effet sélectif sur l'autre.

TABLEAU V-9

LIAISON ENTRE DEBOURREMENT ET SENSIBILITE A VENTURIA TREMULAE

Notation		Effectifs observés	Effectifs calculés	Chi carré
débourrement	Venturia			
5	R	4	4,4	
5	2	4	2,5	
5	3	4	2,2	
5	4	3	4,4	
5	5	0	1,5	
6	R	33	36,4	
6	2	16	21,4	
6	3	18	17,8	
6	4	49	36,4	4,3 ^x
6	5	8	12,0	
7	R	52	50,4	
7	2	36	29,7	
7	3	23	24,8	
7	4	41	50,4	
7	5	20	16,7	
8	R	68	58,9	
8	2	33	34,8	
8	3	29	28,9	
8	4	50	58,9	
8	5	21	19,5	
9	R	6	12,9	
9	2	7	7,6	
9	3	6	6,3	
9	4	20	12,9	3,9 ^x
9	5	5	4,3	
		556	556,0	

Valeur du Chi carré au seuil de 5 % = 3,8.

542 - LIAISON AVEC LA DEFEUILLAISSON

Si on se place au niveau des familles, on constate que les trembles les premiers défeuillés sont aussi les plus sensibles à la tave-

lure (119, 120). On a étudié la liaison entre ces deux caractères en se plaçant au niveau individuel avec les mêmes familles que dans le paragraphe précédent, mais en excluant les arbres de bordure, le vent a plus de prise sur ces arbres et risque d'en accélérer la défeuillaison.

Etant donné le faible effectif des notes 1 et 2 pour la défeuillaison des familles concernées, on a réuni leurs effectifs à celui de la note 3. On trouve une corrélation positive significative au seuil de 0,1 % à la fois entre les notes de faible sensibilité à la tavelure et la défeuillaison tardive d'une part, et entre les notes de forte sensibilité à la tavelure et la défeuillaison précoce (tableau V-10).

TABLEAU V-10

LIAISON ENTRE DEFEUILLAIISON ET SENSIBILITE A LA TAVELURE

Note de défeuillaison	Note de Venturia	Effectifs observés	Effectifs calculés	Chi carré	
				cor. posi.	cor. neg.
1 + 2 + 3	R	71	40,2	23,6 ^{xxx}	
	2	32	25,4		
	3	20	19,1		
	4	21	46,5		8,8 ^{xx}
	5	2	14,8		11,1 ^{xxx}
4	R	43	55,1		
	2	38	34,7		
	3	31	26,2		
	4	76	63,7		
	5	12	20,3		
5	R	8	26,7		13,1 ^{xxx}
	2	7	16,9		4,4 ^x
	3	7	12,7		
	4	44	30,9	5,6 ^x	
	5	31	9,8	45,4 ^{xxx}	
		443	443,0		

Peut-on conclure de cette liaison qu'il suffise de sélectionner des clones à défeuillaison tardive pour avoir de fortes chances de leur trouver une faible sensibilité à Venturia tremulae ? C'est possible. Mais pour le prouver, il faudrait comparer ces mêmes familles dans une

station sans tavelure, ce qui n'est pas le cas de nos plantations. On peut donc aussi penser que la sensibilité à la tavelure accélère la chute des feuilles les plus âgées. Toutefois, WEISGERBER ne prend pas en compte ce caractère dans ses observations sur les feuilles, ce n'est donc pas un symptôme important de cette maladie.

543 - LIAISON AVEC LA HAUTEUR

On peut remarquer sur le graphique IV-4 que les deux familles 119 et 120 qui étaient les mieux classées en hauteur en 1959 par rapport aux autres familles de trembles ont nettement rétrogradé en 1966. Or, ce sont les deux familles les plus sensibles à la tavelure. Y a-t'il une liaison entre les caractères hauteur et sensibilité à la tavelure ou bien la sensibilité à la tavelure produit-elle une réduction de hauteur ?

Nous avons essayé d'étudier cette liaison au niveau individuel en y ajoutant la liaison entre circonférence et sensibilité à la tavelure. Mais pour cette étude, on se heurte à plusieurs difficultés. D'une part, il y a des différences significatives entre certaines familles pour la hauteur et les familles sont réparties entre les deux expériences plantées en 1959. D'autre part, quand on étudie les familles au niveau individuel pour les facteurs de croissance, on ne peut pas faire pour chaque plant les ajustements comme pour les moyennes, donc tenir compte des différences de fertilité entre les blocs incomplets.

On a calculé, pour chaque plant, l'écart-réduit par rapport à la moyenne de la parcelle unitaire dont fait partie le plant, en utilisant l'écart-type intraparcelle estimé sur l'ensemble de la famille. Les écarts-réduits ont été groupés en six classes :

{	:	:	:	:	:	:	}							
{	Ecart-réduit	:	- - 1	:	- 0,5	:	0	:	+ 0,5	:	+ 1	}		
{	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	}		
{	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	}		
{	Classes	:	1	:	2	:	3	:	4	:	5	:	6	}
{	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	}		

Ces calculs ont été effectués pour les sept familles étudiées dans les paragraphes précédents en prenant les observations de 1968 pour la tavelure, de 1964 et 1967 pour les hauteurs et de 1967 pour la circonférence. Le tableau V-11 présente les distributions observées et calculées

pour l'étude des liaisons entre les observations sur la sensibilité à la tavelure d'une part, et celles sur les caractères de croissance d'autre part.

On remarque des effectifs observés plus élevés que ceux calculés pour les plants très sensibles à la tavelure (5) et de faible croissance (1, 2) et, de même, pour les plants peu sensibles à la tavelure (1) et de bonne croissance (5, 6). Il y a donc une tendance vers une liaison positive entre une bonne croissance et la résistance à la tavelure ; mais, ni pour la hauteur 1964, ni pour la circonférence 1967, il n'y a de Chi carrés significatifs. On trouve seulement un Chi carré significatif à 0,1 % entre la note 5 de la tavelure et la note 1 de croissance en hauteur. Ce qui semble indiquer que les plants les plus sensibles ont un ralentissement de leur croissance en hauteur, mais on ne peut pas considérer qu'il existe une liaison significative entre la résistance à la tavelure et une bonne croissance. On peut donc en conclure que la sélection pour ces deux caractères peut s'opérer séparément.

55 - INTERET DE LA SELECTION DE CLONES DE POPULUS TREMULA

Le but de cette étude sur la tavelure du tremble est de savoir si on peut sélectionner, parmi les Populus tremula de bonne croissance, des individus résistants à ce champignon, non pour les multiplier puisque leur croissance est significativement plus faible que celle des hybrides interspécifiques, mais pour les utiliser dans les croisements, en particulier avec Populus alba.

Le choix des individus résistants est faible, il suffit de ne conserver que les arbres n'ayant eu que des notes 0 ou 1 au cours des trois années d'observations.

Pour la mesure de croissance, le choix des meilleurs individus est plus délicat. On ne peut pas se baser sur l'écart-réduit calculé dans chaque parcelle unitaire puisque celles-ci ont au plus 10 plants vivants : le calcul de l'écart-type serait trop imprécis. Le calcul de l'écart-réduit sur l'ensemble de la population de chaque famille ne tiendrait pas compte des différences existant entre les blocs, les plants se trouvant dans les blocs les moins fertiles seraient désavantagés au profit de ceux des blocs les plus fertiles.

TABLEAU V-11

LIAISON ENTRE CARACTERES DE CROISSANCE ET SENSIBILITE A LA TAVELURE

Notation		Circonférence 67		Hauteur 64		Hauteur 1967		Chi carré
Crois.	Vent.	Effectifs observés	Effectifs calculés	Effectifs observés	Effectifs calculés	Effectifs observés	Effectifs calculés	
1	1	13	16,3	11	19,5	6	17,2	7,3 ^{xx}
1	2	10	9,8	14	11,7	12	10,1	
1	3	9	7,1	12	8,4	11	7,6	
1	4	15	17,7	22	21,1	16	18,6	
1	5	10	6,1	9	7,3	15	6,5	11,2 ^{xxx}
2	1	15	19,5	12	15,5	10	15,5	
2	2	15	11,7	11	9,3	7	9,2	
2	3	7	8,4	4	6,7	5	6,8	
2	4	23	21,1	17	16,7	25	16,7	4,1 ^x
2	5	8	7,3	10	5,8	7	5,8	
3	1	25	24,4	25	24,1	28	24,7	
3	2	12	14,6	13	14,4	16	14,6	
3	3	7	10,5	9	10,4	11	10,8	
3	4	29	26,3	26	26,0	21	26,6	
3	5	12	9,2	11	9,1	10	9,3	
4	1	28	30,1	23	25,8	36	28,6	
4	2	20	18,1	17	15,5	16	17,0	
4	3	14	13,0	11	11,1	7	12,6	
4	4	31	32,5	29	27,9	34	31,0	
4	5	12	11,3	10	9,7	7	10,8	
5	1	20	15,2	29	20,9	27	23,8	
5	2	9	9,1	6	12,6	15	14,1	
5	3	9	6,6	10	9,0	14	10,5	
5	4	13	16,4	26	22,6	22	25,7	
5	5	2	5,7	2	7,9	5	8,9	
6	1	24	19,5	25	19,2	18	15,2	
6	2	9	11,7	14	11,5	8	9,0	
6	3	8	8,4	8	8,3	7	6,7	
6	4	23	21,1	15	20,8	17	16,4	
6	5	4	7,3	5	7,2	3	5,7	
		436	436,0	436	436,0	436	436,0	

On a donc estimé l'écart-type intraparcelle sur l'ensemble de chaque population. On a effectué la différence entre la mesure de chaque plant et la moyenne de la parcelle où il se trouve et on a divisé cette différence par l'écart-type intraparcelle. C'est cette mesure de l'écart-réduit qui a été utilisée pour la sélection des individus pour la croissance en ne choisissant que ceux dont l'écart-réduit est supérieur à 1 à la fois pour la hauteur et la circonférence 1967. On a pu ainsi sélectionner 8 clones dont les caractéristiques figurent dans le tableau ci-dessous.

TABLEAU V-12

CLONES DE POPULUS TREMULA SELECTIONNES

{	:	:	:	:	:	:	:	:	:	}
{	:	:	:	:	Sensib. à la tavelure :		Val. écart-réduit	:	:	}
{	Famille :	Blocs :	n° du :	Sexe :	:	:	:	:	:	}
{	:	:	plant :	:	:	:	:	:	:	}
{	:	:	:	:	1960 :	1962 :	1967 :	Hauteur :	Circonf. :	}
{	:	:	:	:	:	:	:	:	:	}
{	:	:	:	:	:	:	:	:	:	}
{	116 :	10 :	6 :	:	0 :	0 :	1 :	1,13 :	1,59 :	}
{	:	:	:	:	:	:	:	:	:	}
{	116 :	35 :	6 :	:	0 :	0 :	1 :	1,42 :	1,54 :	}
{	:	:	:	:	:	:	:	:	:	}
{	116 :	36 :	1 :	:	0 :	0 :	1 :	1,51 :	1,10 :	}
{	:	:	:	:	:	:	:	:	:	}
{	116 :	43 :	0 :	♂ :	1 :	0 :	1 :	1,36 :	1,46 :	}
{	:	:	:	:	:	:	:	:	:	}
{	117 :	24 :	9 :	♀ :	0 :	1 :	1 :	1,20 :	1,67 :	}
{	:	:	:	:	:	:	:	:	:	}
{	117 :	50 :	1 :	:	0 :	0 :	1 :	1,17 :	1,63 :	}
{	:	:	:	:	:	:	:	:	:	}
{	118 :	22 :	7 :	♂ :	0 :	1 :	1 :	1,13 :	1,44 :	}
{	:	:	:	:	:	:	:	:	:	}
{	118 :	27 :	1 :	♀ :	0 :	1 :	1 :	1,09 :	1,02 :	}
{	:	:	:	:	:	:	:	:	:	}

Il y a donc 4 clones sélectionnés dans la famille 116 et 2 clones dans les familles 117 et 118 et aucun dans les 3 familles les plus sensibles à Venturia tremulae.

Il est intéressant de noter l'origine des parents des clones sélectionnés : pour ceux de la famille 116, la mère (5813) provient des Landes, le père (5804) de la forêt du Der (Haute-Marne). Pour ceux des deux autres familles, la mère (5819) est la même, elle provient de la forêt de Parroy (Meurthe-et-Moselle), le père est originaire de la forêt

d'Amance (5800) pour les clones de la famille 117, de Valloire (5807), pour les clones de la famille 118.

On voit donc que les parents ayant des descendants peu sensibles à Venturia tremulae peuvent provenir de régions très différentes.

56 - CONCLUSIONS

Nos observations confirment à de nombreux points de vue celles de DIMITRI et WEISGERBER, en particulier sur la résistance de P. alba et les grandes différences de sensibilité chez les différents clones de P. tremula. Mais il ne semble pas, comme le pensent ces auteurs, que la résistance à la tavelure soit un caractère surtout dominant. Il suffit de se reporter au tableau V-8 qui montre que, si les parents 5800 et 5819 semblent résistants et les parents 5807 et 5820 sensibles, les croisements entre parents résistants et sensibles donnent une plus forte proportion d'individus sensibles. De même, les hybrides tremula x alba donnent des individus résistants quand le tremble est résistant et des individus en majorité sensibles si le tremble est sensible.

Ces résultats ne doivent cependant pas faire oublier que c'est la résistance des hybrides tremula x tremuloïdes qui est le fait le plus intéressant puisqu'elle s'allie à l'excellente vigueur de ces hybrides.

CHAPITRE VI

HERMAPHRODISME

ET

REPARTITION DES SEXES

Tous les problèmes touchant à la floraison ont une grande importance dans les travaux d'amélioration des plantes. Chez les espèces dioïques, comme c'est le cas ici, on rencontre des problèmes particuliers, comme la présence occasionnelle d'hermaphrodites, la répartition inégale des sexes et le déterminisme du sexe.

On connaît les rendements élevés obtenus grâce aux maïs hybrides issus du croisement de lignées autofécondées. Il n'est pas impossible d'envisager des résultats analogues à partir d'hybrides interspécifiques entre trembles hermaphrodites autofécondés pendant plusieurs générations. C'est pourquoi nous avons commencé un inventaire des hermaphrodites avec une analyse de l'importance des fleurs bisexuées.

Le pourcentage des fleurs bisexuées dans certains croisements et les répartitions des sexes, différentes du rapport 1/1, suggèrent que le déterminisme du sexe est assez compliqué et relève en partie de phénomènes quantitatifs.

61 - MORPHOLOGIE DES FLEURS NORMALES

Pour situer le genre Populus dans la classification botanique, il est bon de rappeler qu'il fait partie des Angiospermes primitives de la sous-classe des Apétales, les fleurs sont donc sans périanthe ou à périanthe rudimentaire. Dans cette sous-classe, l'ordre des Amentales groupe des familles dont l'inflorescence est un chaton, épi à axe flexible et à fleurs unisexuées. Il comprend plusieurs familles représentées principalement par des arbres forestiers : bouleau, hêtre, noyer, noisetier... et bien sûr saule et peuplier qui sont les deux genres de la famille des Salicacées. Celle-ci se distingue nettement des autres familles de l'ordre des Amentales, car les Salicacées sont dioïques, n'ont aucune pièce du périanthe ni pour les fleurs mâles, ni pour les fleurs femelles et leur fruit est une capsule à déhiscence suturale, alors que c'est un akène ou une drupe pour les autres familles.

Les chatons des peupliers sont pendants avec des dimensions et des nombres de fleurs très variables à la fois suivant les espèces et suivant les individus. Les fleurs sont très simples : un réceptacle courttement pédicellé, protégé par une bractée laciniée, sur lequel se trouvent soit les étamines, soit un ovaire uniloculaire à placentation pariétale. Les ovules, en nombre variable, sont anatropes. La fécondation est anémophile.

.../...

Chez les peupliers de la Section Leuce, le nombre de fleurs par chaton est très variable, de 50 à 250. Il est même très différent suivant les chatons analysés sur un même arbre et peut varier du simple au double. Le nombre d'étamines par fleur est très variable aussi (1 à 20). Le long d'un chaton, les fleurs de la base ont plus d'étamines que celles du milieu du chaton qui en ont plus aussi que celles de l'apex.

Des chatons de 6 arbres différents ont été divisés en 9 parties égales de la base jusqu'à l'apex (numérotées de 1 à 9). On a compté les étamines de chaque fleur et calculé le nombre moyen d'étamines pour chaque partie. Le graphique VI-1 montre que le nombre d'étamines décroît rapidement depuis la base jusqu'au milieu du chaton où il diminue peu, enfin il baisse à nouveau rapidement vers l'apex.

Il n'y a qu'une fleur femelle par réceptacle. Celle-ci comprend 2 carpelles en général, on en trouve cependant, exceptionnellement d'ailleurs, 1 ou 3. Selon nos observations, le nombre d'ovules peut varier de 4 à 17 par fleur. Comme pour les fleurs mâles, on note aussi une décroissance du nombre d'ovules par fleur de la base vers l'apex.

62 - FLEURS HERMAPHRODITES

621 - ARBRES REPERES

Bien que les peupliers soient des plantes dioïques, de nombreux auteurs ont signalé l'existence de fleurs hermaphrodites, comme nous l'avons indiqué dans le chapitre I. Dans son investigation chez P. tremuloides dans le Connecticut, LESTER avait trouvé 38 % des arbres ayant au moins une fleur bisexuée sur 138 arbres dont il avait examiné de 50 à 100 chatons (70).

Nous n'avons pas procédé à une recherche systématique complète des hermaphrodites dans les différentes plantations de trembles et de peupliers blancs, mais, lors de l'importante floraison de 1965, nous avons pu observer 26 hermaphrodites sur les 1 726 arbres qui ont fleuri, soit 1,5 %. Mais, il faut noter que quelques fleurs seulement ont été examinées sur chaque arbre. Si on remarque que LESTER avait trouvé 5 % de chatons avec au moins une fleur bisexuée, il est probable qu'il existe d'autres arbres avec des fleurs bisexuées qui n'ont pas encore été détectés. Ces hermaphrodites ont été trouvés dans des types de croisements différents, comme l'indique le tableau VI-1.

.../...

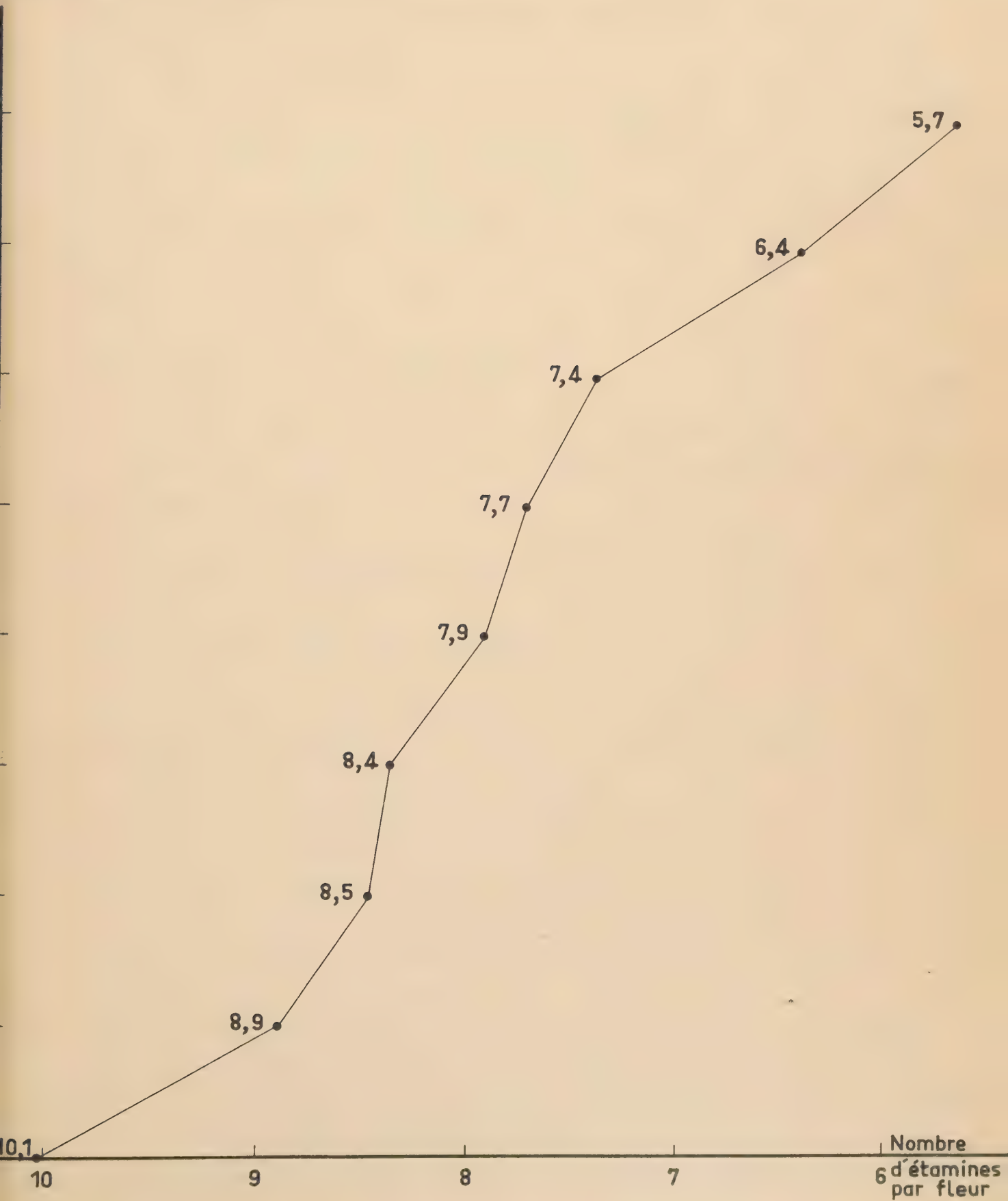
aux
chatons

TABLEAU VI-1
NOMBRE D'ARBRES HERMAPHRODITES

{	:		:		:		:		}
{	:		:		:		:		}
{									}
{	Parent ♀	:		:		:		:	}
{		:		:		:		:	}
{		:	tds.	:	tds.	:	grd.	:	}
{		:		:		:		:	}
{		:		:		:		:	}
{		:		:		:		:	}
{	tds.	:	1	:	6	:	2	:	}
{		:		:		:		:	}
{	tds.	:	0	:	2	:	-	:	}
{		:		:		:		:	}
{	alb.	:	0	:	2	:	0	:	}
{		:		:		:		:	}

Il faut remarquer que sur les 8 arbres de croisements tds x alb, 7 d'entre eux sont issus de la même famille dont 20 arbres ont eu des fleurs.

A ces arbres, il faut en ajouter 5 d'une famille de P. tremuloïdes de la collection que nous présenterons plus en détails.

622 - FLEURS BISEXUEES TYPIQUES

Les fleurs bisexuées portent sur le même réceptacle un pistil et une ou plusieurs étamines. Sur près de 2 000 fleurs bisexuées examinées, on a trouvé 47 % de fleurs avec 1 étamine,

30 % de fleurs avec 2 étamines,

14 % de fleurs avec 3 étamines,

7 % de fleurs avec 4 étamines,

2 % de fleurs avec plus de 4 étamines.

Parmi les fleurs avec plus de 4 étamines, on en a trouvé avec 5, 6, 7, 8, 10 et 12 étamines.

Etant donné les fréquences observées du nombre d'étamines pour différents arbres, on a recherché si leur loi de distribution se rapprochait de la loi de Poisson. Le tableau VI-2 donne les fréquences observées et théoriques pour 4 arbres pour lesquels on avait un nombre important d'observations. Le test de Chi carré de comparaison des fréquences indique

TABLEAU VI-2

NOMBRE D'ETAMINES CHEZ LES HERMAPHRODITES

COMPARAISON DES DISTRIBUTIONS OBSERVEES AVEC LA DISTRIBUTION DE POISSON

N° de l'arbre	Nombre d'é-tamines	Fréquences observées	Fréquences théoriques	Chi carré
503-43	0	2 003	1 954	1,2
	1	123	207	34,1
	2	35	12	117,8
	3	11		
	4	1		
	Total	2 173	2 173	153,1
202-14	0	1 939	1 893	1,1
	1	211	283	18,3
	2	36	23	29,4
	3	8		
	4	3		
	5	2		
	Total	2 199	2 199	48,8
5531-M31	0	291	251	6,4
	1	93	156	25,3
	2	64	49	4,6
	3	12	12	5,3
	4	6		
	5	2		
	Total	468	468	41,6
808-26	0	177	163	1,2
	1	175	214	7,1
	2	172	140	7,3
	3	59	61	0,1
	4	15	27	0,9
	5	5		
	6	2		
	Total	605	605	16,6

qu'il n'y a pas conformité entre les distributions au seuil de 1 %. On voit d'ailleurs que dans tous les cas, il y a un déficit important de fleurs à une étamine par rapport à ce que laisserait prévoir la loi de Poisson. Il serait intéressant de savoir si ce phénomène se répète chaque année ou s'il est dû à une trop forte proportion de fleurs femelles à l'apex et de fleurs à plus d'une étamine à la base du chaton.

Il est intéressant aussi de savoir si le nombre d'ovules des fleurs bisexuées est le même que celui des fleurs femelles. Nous avons fait des comptages pour les fleurs de 2 arbres ; les résultats figurent dans le tableau VI-3. Si les répartitions du nombre d'ovules sont différentes entre les deux types de fleurs, la moyenne du nombre d'ovules par fleur est pratiquement la même qu'il y ait ou non présence d'étamines.

Par contre, le nombre d'étamines par fleur est très différent entre les fleurs uniquement mâles et les fleurs bisexuées. On a examiné pour 5 arbres les distributions du nombre d'étamines pour les deux types de fleurs. On trouve en moyenne 2 fois plus d'étamines par fleur pour les fleurs uniquement mâles que pour les fleurs bisexuées. Les fleurs bisexuées avec beaucoup d'étamines sont rares et en général situées seulement à la base du chaton, alors que l'on ne rencontre qu'exceptionnellement des fleurs mâles avec 1 ou 2 étamines.

Il est évident que la place occupée par l'ovaire sur le réceptacle diminue les possibilités d'apparition d'un grand nombre d'étamines chez les fleurs bisexuées ; mais, par contre, le fait que le nombre d'ovules soit le même chez les fleurs femelles et bisexuées laisse penser que les étamines sont surajoutées et que la potentialité femelle est la plus importante. C'est le cas des deux arbres examinés que ne comportaient pas de fleurs uniquement mâles.

623 - FLEURS BISEXUEES ANORMALES

Nous avons vu jusqu'à présent des fleurs bisexuées où les deux sexes sont représentées par des organes complets. Mais nous avons pu observer différents types d'anomalies où des organes de l'un des sexes font défaut ou sont atrophiés.

Pour les organes mâles, on rencontre quelquefois des étamines dont les anthères ne comportent que 2 ou 3 lobes normaux, le reste étant

COMPARAISON DU NOMBRE D'OVULES PAR FLEUR CHEZ LES
HERMAPHRODITES QUAND LES FLEURS PORTENT OU NON DES ETAMINES

N° de l'arbre : 202-14

Nombre d'ovules	Nombre d'étamines				
	0	1	2	3 & plus	avec au moins une
9	10	5	1	2	8
10	13	6	1		7
11	6	6	2	1	9
12	1	2			2
Total	30	17	4	3	26
Moyenne	9,9	10,4	10,3	9,7	10,2

N° de l'arbre : 808-26

Nombre d'ovules	Nombre d'étamines				
	0	1	2	3 & plus	avec au moins une
5		1			1
6	1	1	3	1	5
7	3	1		1	2
8	9	4	4	1	9
9	10	5	3	2	10
10	6	3	4	1	8
11	2		5	2	7
12	1				
Total	32	15	19	8	42
Moyenne	8,8	8,3	9,0	8,9	8,8

plus ou moins atrophié. On en a trouvé chez 1 % des fleurs de l'arbre 202-14. Chez l'arbre 808-26, dans 3,5 % des fleurs, on trouve quelques étamines ou toutes les étamines entièrement atrophiées.

Les anomalies sont plus fréquentes pour le pistil. Il y a le cas extrême du pistil atrophié chez 28,4 % des fleurs de l'arbre 808-26 déjà cité plus haut ; on voit que l'atrophie des organes femelles est beaucoup plus importante que celle des organes mâles chez cet arbre.

On a rencontré aussi des pistils réduits au style, très allongé, et aux stigmates, peu développés, dans des proportions de 1 à 3 % sur 4 arbres différents.

Chez un hybride bisexué tremula x grandidentata, il y avait 1,5 % des fleurs avec des pistils n'ayant qu'une seule valve : 7 chez des fleurs femelles, 25 avec des fleurs bisexuées. On a pu constater que le nombre d'ovules était environ moitié de celui des fleurs normales et que, après autofécondation, ces ovules produisaient normalement des graines.

624 - REPARTITION DES DIFFERENTS TYPES DE FLEURS

Il peut y avoir différentes manifestations de l'hermaphrodisme chez une plante. Les sexes peuvent être réunis dans une même fleur, répartis dans des fleurs différentes d'une même inflorescence ou même dans des inflorescences différentes. En plus, l'organisation n'est pas uniforme chez un même arbre.

Parmi les arbres hermaphrodites cités plus haut, nous avons examiné plus particulièrement 10 d'entre eux, dont 5 tremuloïdes appartenant à la même famille. En tout, 94 chatons ont été examinés fleur par fleur. Les chatons ont été classés en fonction du type de fleur rencontré, mâle, femelle et bisexuée.

Le graphique VI-2 donne le pourcentage des 3 types de fleurs pour 5 chatons de 5 arbres de P. tremuloïdes. On y constate que sur un même arbre, il y a une grande hétérogénéité entre les chatons. Le pourcentage de fleurs bisexuées est dans de nombreux cas supérieur à celui des fleurs unisexuées.

On constate que sur les 94 chatons étudiés, il n'y en a que 5 qui sont unisexués : 4 mâles et 1 femelle (tableau VI-4).

.../...

APHIQUE VI-2 PROPORTIONS DES FLEURS MÂLES, BISEXUÉES ET FEMELLES



TABLEAU VI-4

NOMBRE DE CHATONS SUIVANT LES TYPES DE FLEURS

{	:											}
{	:	Numéro des arbres										}
{	:											}
{	Type de fleur											}
{	:	5531					202	503	808	807		
{	:											}
{	:	M31	M27	M30	N28	N32	14	43	26	12	64	}
{	:											}
{	♂	:	1	:	:	:	:	:	:	2	1	}
{	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	}
{	♂ + ♀	:	:	1	:	:	:	:	:	:	:	}
{	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	}
{	♂ + ♀ + ♀	:	:	2	4	3	:	6	:	3	1	}
{	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	}
{	♀ + ♀	:	2	:	:	:	:	:	:	:	:	}
{	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	}
{	♀ + ♀	5	2	2	1	2	28	20	6	:	2	}
{	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	}
{	♀	:	:	:	:	:	:	1	:	:	:	}
{	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	}
{	dominant	♀	♂ ♀	♀ ♀	♂	♀	♀	♀	♀	♂	♂	}
{	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	}

La tendance des chatons vers le sexe femelle est plus importante que celle vers le sexe mâle. Mais il existe un nombre non négligeable de chatons (15) où le pourcentage de fleurs bisexuées est le plus élevé. Il y a même deux arbres (N 28 et N 32) pour lesquels le pourcentage de fleurs hermaphrodites est supérieur à celui des fleurs unisexuées de chacun des autres sexes. Ce résultat est différent de celui de LESTER (70) qui a toujours trouvé que le nombre de fleurs hermaphrodites était intermédiaire entre celui des fleurs unisexuées.

L'hétérogénéité de l'expression de l'hermaphrodisme est à la fois frappante entre les arbres et même entre les chatons d'un même arbre, seul l'arbre 202-14 montre une homogénéité parfaite.

On peut opposer les arbres M 31, 202-14 et 503-43, à tendance femelle très marquée, à ceux où prédominent les fleurs bisexuées (N 28, N 32 et 808-26) et à l'arbre M 27 qui se rapproche d'un arbre monoïque.

Toutes ces différences dans les proportions des différents types de fleurs montrent que l'expression du sexe est très variable et que son déterminisme est quantitatif et probablement soumis à diverses influences internes et externes.

625 - REPARTITION DES TYPES DE FLEURS LE LONG D'UN CHATON

Comme nous l'avions fait pour les chatons des arbres mâles, nous avons divisé chaque chaton en 9 parties égales de la base à l'apex, afin de savoir d'une part si les différents types de fleurs étaient ou non répartis au hasard, d'autre part si le nombre d'étamines pour les fleurs bisexuées et pour les fleurs mâles étaient les mêmes tout le long du chaton.

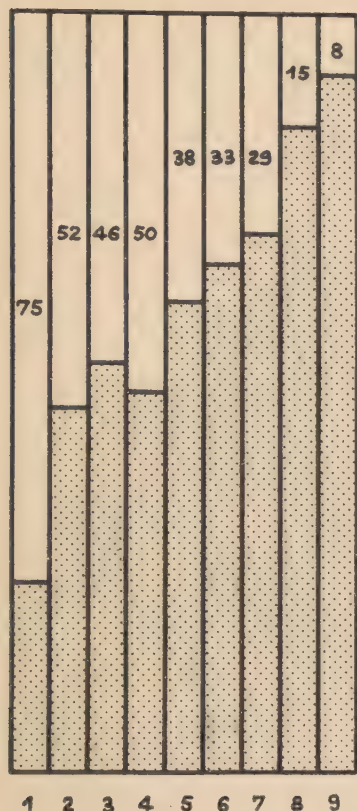
Le graphique VI-3 montre la répartition des types de fleurs pour 2 arbres ayant uniquement des fleurs femelles et bisexuées (M 31 et 808-26) et 3 arbres ayant en plus quelques fleurs mâles. On remarque tout de suite qu'il y a une évolution très nette de la base vers l'apex pour les fleurs bisexuées et femelles. Les premières sont toujours majoritaires à la base, les secondes à l'apex. Entre les deux, le pourcentage des fleurs bisexuées est assez variable suivant l'importance plus ou moins grande de l'hermaphrodisme de l'arbre.

Le pourcentage de fleurs mâles est toujours faible pour les 3 arbres étudiés ; il est toujours plus faible vers l'apex qu'à la base du chaton, mais les différences sont minimes.

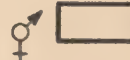
On voit ainsi, que pour détecter des arbres à fleurs bisexuées, il est préférable d'examiner les fleurs dans la base du chaton.

Le graphique VI-4 indique le nombre moyen d'étamines par fleur de la base à l'apex du chaton ; le trait correspond aux fleurs mâles, le trait interrompu aux fleurs bisexuées. Il y a toujours plus d'étamines dans les fleurs mâles que dans les fleurs bisexuées, quel que soit le niveau du chaton où l'on fait l'observation. Le nombre moyen d'étamines par fleur décroît de la base vers l'apex à peu près de la même façon pour les deux types de fleurs, sauf pour l'arbre M 30 pour lequel il y a peu de différence.

M 31

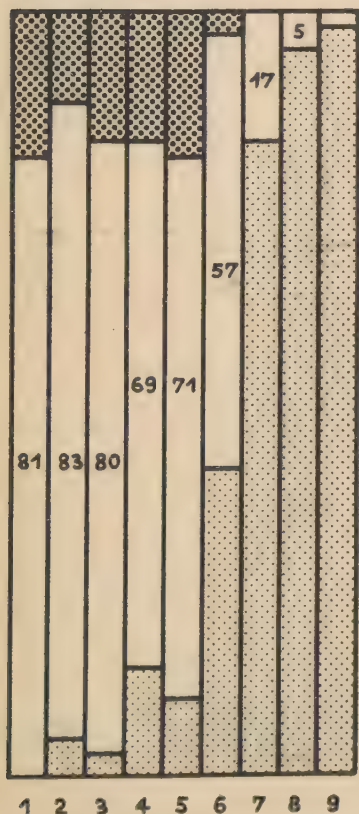


M 30

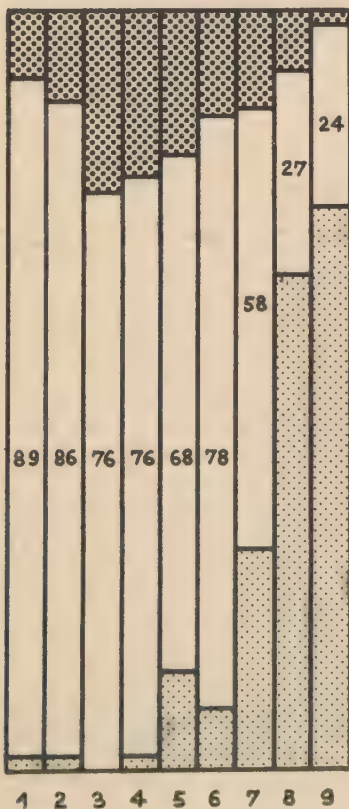


1 Base du chaton
9 Apex du chaton

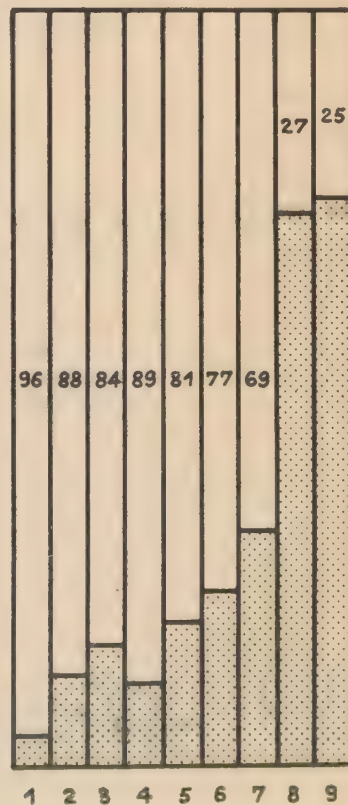
N 28



N 32

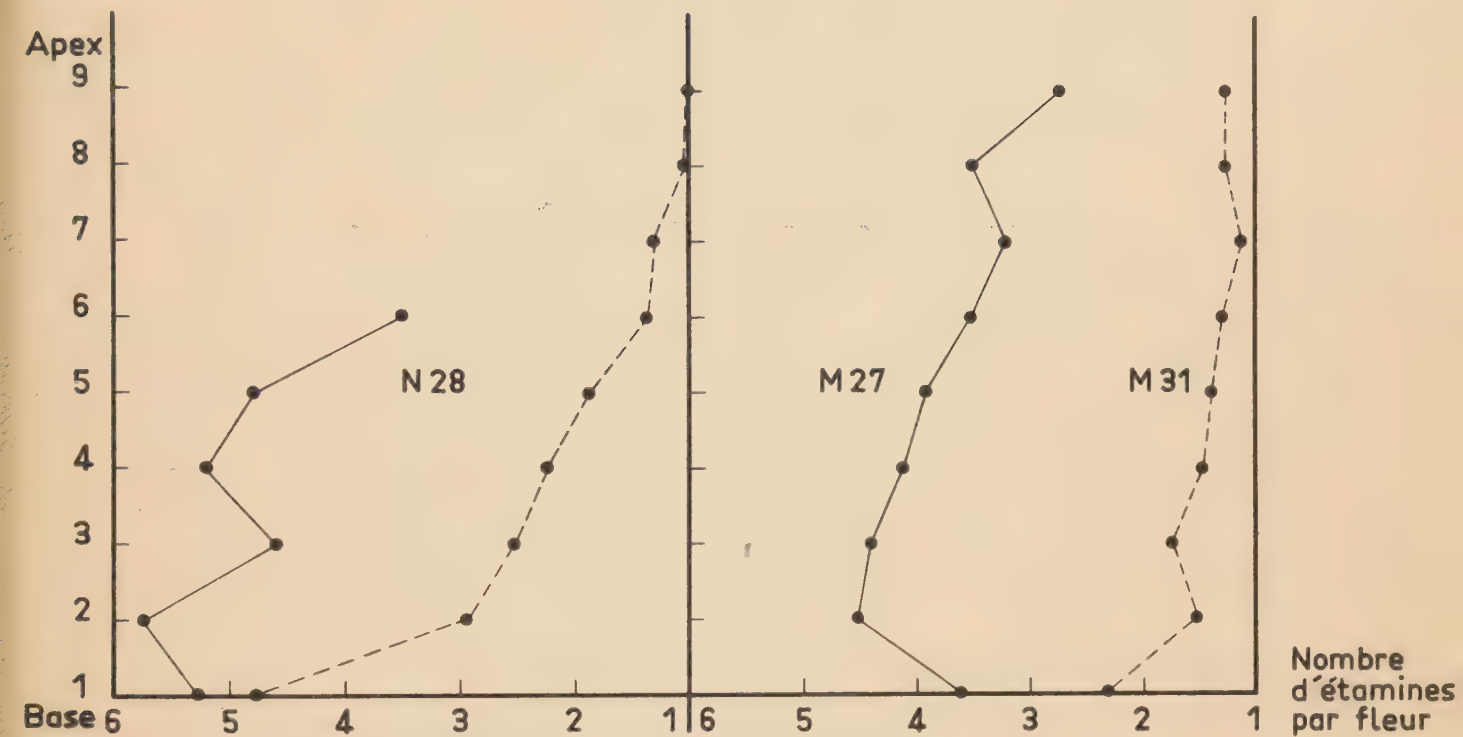


808-26

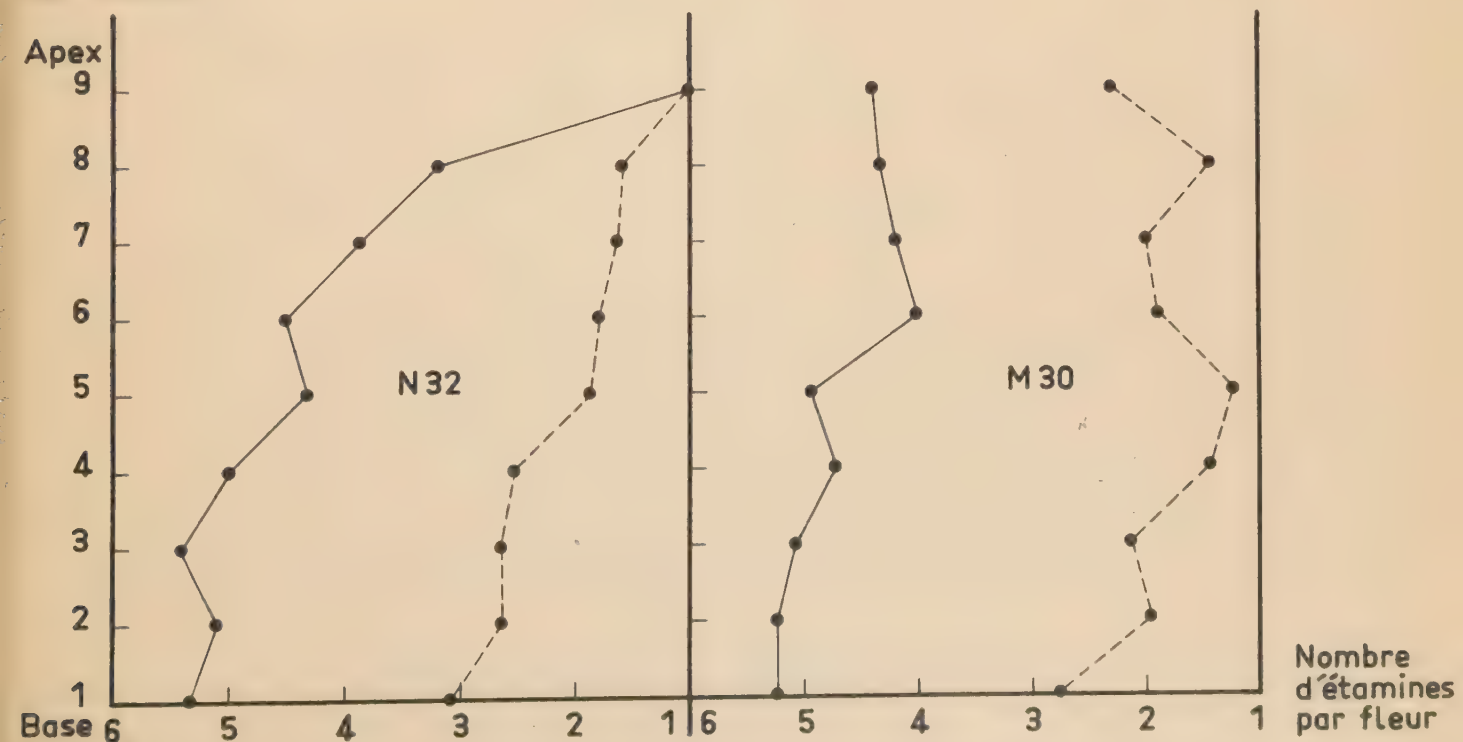


— Fleur ♂
 - - - Fleur ♀

Niveaux
 des chatons



Niveaux
 des chatons



626 - CONCLUSIONS SUR L'HERMAPHRODISME

L'ensemble de ces observations sur l'hermaphrodisme chez les peupliers de la Section Leuce montre à la fois la diversité dans la structure des fleurs et des inflorescences et l'hétérogénéité de sa manifestation entre arbres et sur un même arbre. Nous voyons, quand même, que cela peut représenter un phénomène important pour certains arbres où les fleurs bisexuées peuvent être les plus nombreuses.

Nous avons pu réaliser des autofécondations avec 4 des hermaphrodites cités ici : 3 tremuloïdes et l'hybride tremula x grandidentata 503-43. Les autofécondations avec les hybrides entre tremuloïdes et alba ont jusqu'ici échoué. Les descendance obtenues sont assez hétérogènes mais quelques plants ont une croissance satisfaisante. On peut espérer les voir fleurir bientôt et trouver parmi eux d'autres hermaphrodites qui permettraient de fabriquer des individus nouveaux se rapprochant de l'homozygotie et d'étudier en plus le déterminisme du sexe. On pourrait peut-être obtenir des hybrides analogues à ceux créés chez le maïs, si les autofécondations réussissent aussi chez P. tremula et P. alba.

63 - REPARTITION DES SEXES DANS LES DESCENDANCES

Depuis 1963, nous avons compté les arbres ayant des bourgeons à fleurs les années de bonne floraison sur les expériences installées en 1959 et en 1960. Nous avons constaté de grosses différences de floraison entre années et entre espèces. En plus, la proportion des sexes se montre dans plusieurs cas différente de l'égalité attendue pour chacun d'eux.

Nous avons tenu compte dans cette étude de tous les arbres installés, y compris les arbres de bordure qui ont été exclus de certaines études. Le tableau VI-5 indique, pour les 12 types de croisements et les deux années de plantation, les nombres des plants installés, vivants en 1965, qui n'ont pas fleuri ou dont on n'a pu déterminer le sexe. Sur les 2 994 plants vivants en 1965, 57 % ont fleuri. Mais, on peut noter de grosses différences entre les types de croisements.

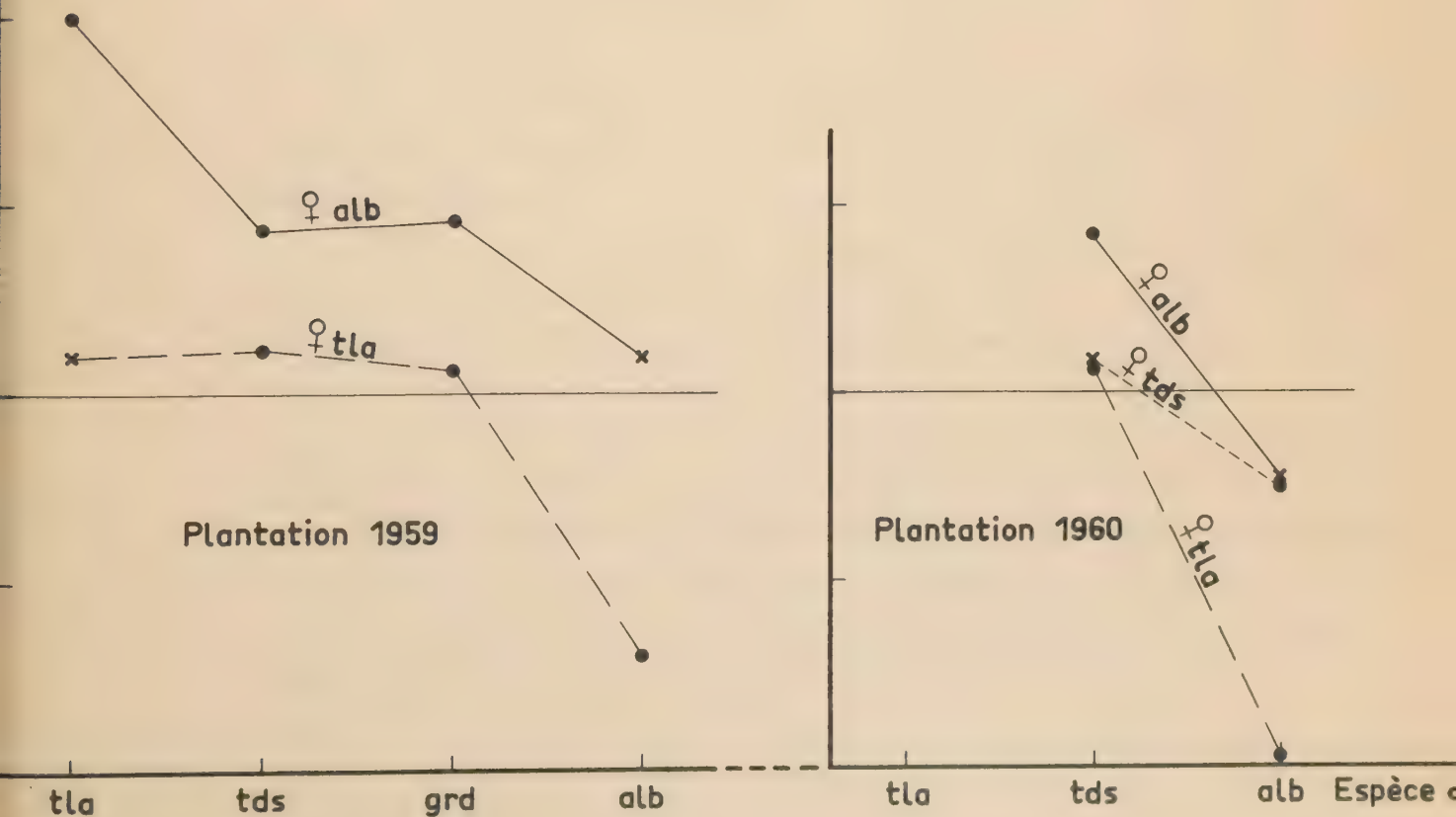
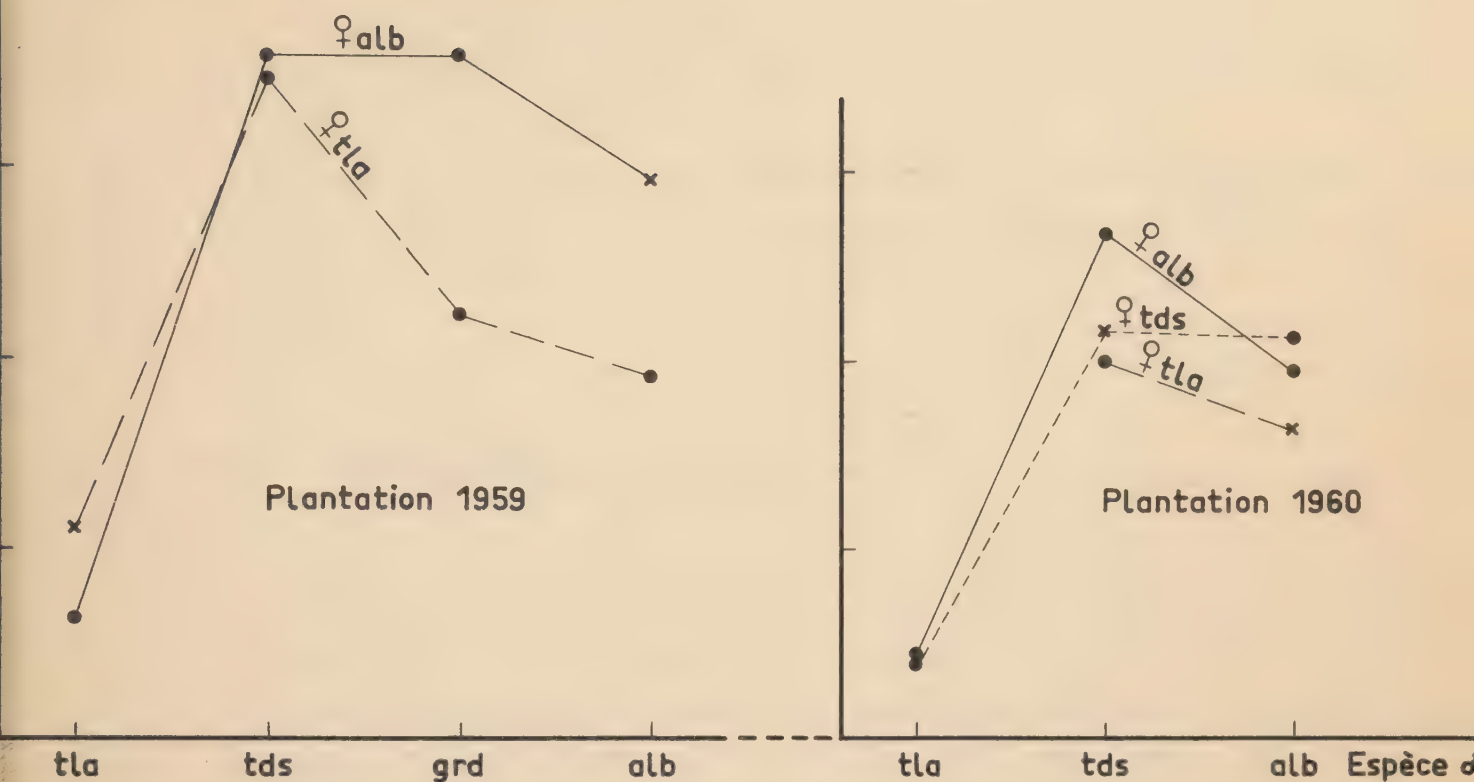
631 - IMPORTANCE DE LA FLORAISON EN 1965

On a calculé le pourcentage de plants florifères suivant les espèces parentes (graphique VI-5). C'est avec P. tremula comme parent mâle

.../...

TABLEAU VI-5
PROPORTION DES SEXES CHEZ TOUS LES CROISEMENTS

Type de croisement	Année	Nbre de crois.	Nombre de plants					
			ins-tallés	vi-vants	sans fleur	♂	♀	♀
tla x tla	1959	6	580	509	365	79	1	64
tds x tds	1960	3	117	97	45	28	3	21
tla x tds	1959	7	666	547	72	267	4	204
	1960	4	162	125	62	34	1	28
tds x tla	1960	2	89	77	69	6	0	2
alb x grd	1959	1	155	145	14	96	0	35
tla x grd	1959	2	220	169	74	50	2	43
alb x alb	1959	2	134	132	34	54	1	43
	1960	3	124	115	59	21	0	35
tla x alb	1959	4	276	270	140	19	2	109
	1960	5	222	199	117	1	1	80
alb x tla	1959	1	75	55	46	9	0	0
	1960	1	36	28	25	1	0	2
alb x tds	1959	3	288	246	25	158	0	63
	1960	3	127	113	37	54	2	20
tds x alb	1960	2	92	86	40	17	7	22
tla x cns	1959	1	92	81	75	5	0	1
Total			3 455	2 994	1 299	899	24	772



que les floraisons sont les plus rares. Par contre, on note des pourcentages élevés de plants florifères pour les deux années de plantation quand P. tremuloïdes est le parent mâle. P. alba et P. grandidentata donnent des résultats un peu plus faibles.

Le parent femelle semble avoir beaucoup moins d'influence sur la floraison future, sauf peut-être pour P. tremula qui donne des résultats un peu moins bons. De toutes façons, les hybrides interspécifiques fleurissent autant que les descendants des espèces pures, ce qui semble montrer qu'il n'y a pas d'incompatibilité entre les différentes espèces.

632 - PROPORTION DES SEXES

Pour étudier la répartition des sexes, on ne fait pas entrer en ligne de compte les types de croisements où il y a eu trop peu d'arbres ayant fleuri. Le pourcentage des hermaphrodites est toujours faible pour les différents types de croisements, sauf pour celui entre tremuloïdes et alba pour lequel il est de 15 %. On peut donc considérer qu'ils modifient peu la répartition des sexes, sauf pour l'exception signalée.

6321 - Croisements intraspécifiques entre trembles européens et américains

On remarque sur le graphique VI-6 que les croisements intraspécifiques (représentés par des croix) donnent un léger avantage au sexe mâle, aux environs de 55 %, mais une telle valeur n'est pas significativement différente de la répartition égale des sexes. Les croisements entre trembles européens et américains fournissent aussi le même résultat. SANTAMOUR et LESTER ont signalé le même phénomène. On peut donc penser qu'à un stade de la multiplication sexuelle, le sexe mâle doit être légèrement favorisé. S'agit-il d'une germination plus rapide des grains de pollen mâle, si toutefois le sexe mâle est hétérogamétique ? Y-a-t-il une fécondation préférentielle ? Est-ce au cours du développement qu'une sélection a lieu, ce qui pourrait laisser penser que c'est le sexe femelle qui est hétérogamétique ? Nous n'avons pas actuellement de réponses à ces questions.

.../...

6322 - Croisements entre trembles et peupliers blancs

Les hybrides entre les trembles et les peupliers blancs donnent une répartition des sexes significativement différente de l'égalité attendue. Les arbres mâles sont plus nombreux quand le parent mâle est un tremble ; les arbres femelles sont plus nombreux quand le parent femelle est un tremble. Le tremble aurait donc un effet dominant dans la répartition des sexes de la descendance.

Dans 7 croisements entre tremula femelle et alba mâle, il n'y a pas de descendant mâle sur un total de 168 arbres ayant fleuri, un seul d'entre eux est hermaphrodite. Mais ce résultat n'est pas général, car le 8e croisement (703) comporte 18 mâles, 21 femelles et 2 hermaphrodites. Bien que 48 % seulement des arbres des 7 premiers croisements aient fleuri, il est certain que les autres arbres ne sont pas tous mâles. Le rendement au semis du croisement 703 est analogue à celui des autres croisements, ce qui n'explique pas l'élimination d'un sexe après le semis pour les autres croisements. Enfin, le parent femelle (5813) et le parent mâle (5870) figurent l'un et l'autre dans un croisement n'ayant pas eu de descendant mâle. La barrière génétique ou physiologique qui a provoqué l'élimination de l'un des sexes dans 7 croisements, n'a pas existé pour le 8e.

De même, on observe une différence analogue entre les 2 croisements avec tremuloïdes femelle et alba mâle. L'un (806) a 17 mâles sur 27 arbres ayant fleuri, l'autre (808) n'a aucun mâle, mais un tiers d'arbres hermaphrodites. Le 806 a d'ailleurs le même parent mâle que le 703 cité ci-dessus.

Dans les croisements avec alba femelle, il y a eu très peu de fleurs chez les descendants avec tremula mâle, mais la descendance comporte 83 % d'arbres à fleurs mâles. 5 des croisements avec tremuloïdes et celui avec grandidentata mâle donnent entre 69 et 76 % de descendants mâles, comme il y a 90 % d'arbres florifères, ce résultat est valable et il indique que le rapport des sexes est significativement différent de 1/2, mais pourrait être soit 2/3, soit 3/4. Ce qui est inexplicable avec un schéma classique comportant un sexe hétérogamétique et un sexe homogamétique.

En plus, le 6e croisement alba x tremuloïdes comprend 8 mâles, 7 femelles et 2 hermaphrodites.

Les résultats confirment ceux du paragraphe précédent sur les fleurs bisexuées. L'expression et le déterminisme du sexe des peupliers

.../...

de la Section Leuce ne sont pas des phénomènes simples et il ne nous est pas possible d'en donner une explication avec ces seuls résultats, tout au plus peut-on émettre des hypothèses.

6323 - Hypothèse sur le mécanisme du déterminisme du sexe

WESTERGAARD, dans son étude sur le déterminisme du sexe des plantes dioïques, indique un schéma séduisant pour expliquer les différents rapports des sexes et la présence de fleurs bisexuées chez Melandrium (71). On admet que les chromosomes sexuels comportent des chaînes de gènes qui commandent le développement des organes sexuels. Il suffit soit d'une mutation récessive d'un gène, soit de l'apparition d'un gène dominant supprimeur pour bloquer le développement de l'un ou l'autre sexe en un point quelconque de la chaîne ; on aboutit ainsi à l'absence de l'un des sexes ou à des organes sexuels incomplets.

Les résultats des différents croisements entre Melandrium album et Melandrium rubrum ont conduit WESTERGAARD à penser qu'il pourrait exister dans ce genre non pas 2 mais 3 types différents de chromosomes sexuels :

- le chromosome X, avec au moins un gène mâle récessif et un gène supprimeur femelle aussi récessif ;
- le chromosome Y, avec tous les gènes mâles dominants et le gène supprimeur femelle dominant ;
- et le chromosome Z, avec tous les gènes mâles dominants et le gène supprimeur femelle récessif.

XX donne un individu femelle ;
YY ne serait pas viable ;
XY donne un individu mâle ;
ZZ donne un hermaphrodite à tendance mâle ;
XZ donne un hermaphrodite à tendance femelle ;
ZY donne un individu mâle.

Le milieu pourrait influencer dans un sens ou un autre l'expression du sexe chez les individus hermaphrodites, pouvant conduire à de grandes variations dans les proportions de fleurs bisexuées et unisexuées, comme nous avons pu l'observer pour plusieurs arbres.

Nous ferons même l'hypothèse que dans certains cas, des arbres à potentialité hermaphrodite puissent apparaître unisexués pour tenter d'expliquer la répartition anormale des sexes signalée ci-dessus.

On aurait ainsi 2 formules chromosomiques possibles pour les arbres femelles (XX et XZ) et 3 pour les mâles (XY, ZZ et ZY). Les descendants hermaphrodites ont soit la formule XZ, soit la formule ZZ ; il est donc obligatoire qu'au moins un des parents possède un chromosome Z, ce qui est réalisé dans 5 croisements sur 6 ; comme on pourra le voir dans le tableau ci-dessous qui donne les proportions des différents génotypes des descendants en fonction de celui des parents.

TABLEAU VI-6
POURCENTAGES DES DIFFERENTS GENOTYPES DES DESCENDANTS

Parents		Descendants							Pourcentage de	
♀	♂	XX	XZ	ZZ	ZY	XY	♂	♀		
XX	XY	50				50	50	50		
XX	ZY		50			50	50	50		
XX	ZZ		100				0	100		
XZ	XY	25	25		25	25	50	50		
XZ	ZY		25	25	25	25	75	25		
XZ	ZZ		50	50			50	50		

Le tableau VI-6 montre que l'on peut aboutir dans certains types de croisement à 0 pour cent de mâles, ce que nous avons observé dans les croisements "tremble femelle et peuplier blanc mâle" et à 75 pour cent de mâle comme cela a été le cas des croisements inverses. Ce qui laisserait penser que la plupart des trembles que nous avons utilisés sont de formule XX pour les femelles et ZY pour les mâles et que les peupliers blancs sont au contraire XZ pour les femelles et ZZ pour les mâles.

Les exceptions à ces règles pour les croisements 703 et 806 (signalées au paragraphe 6322) s'expliqueraient par le fait que le parent mâle, qui est un peuplier blanc serait hétérozygote ZY et non homozygote ZZ comme les autres peupliers blancs mâles.

On peut aussi penser qu'il y a des phénomènes d'incompatibilité d'appariement entre certains chromosomes sexuels de trembles et de peupliers blancs, ce qui pourrait dans certains cas amener le pourcentage de mâles à d'autres valeurs : 66 % ou 33 %.

Si les hypothèses qui viennent d'être faites étaient vérifiées, chacun des sexes pourrait être soit homozygote soit hétérozygote.

64 - INFLUENCE DES ANNEES SUR LA FLORAISON ET LA REPARTITION DES SEXES

On sait que l'initiation des ébauches florales de trembles a lieu au printemps qui précède l'année de floraison (14) et que les variations climatiques, en particulier température et humidité, à cette époque, sont des facteurs responsables de la plus ou moins grande importance de la floraison chaque année (13). Dans l'expérience 3 603 1, les premiers arbres ont fleuri au printemps 1961 : les premières ébauches florales sont donc apparues un an après la plantation pour certains individus. A la suite du printemps sec de 1964, on a eu une floraison importante en 1965. Pour certaines familles, ayant P. tremuloïdes comme parent mâle, la floraison a varié de 90 à 100 %. Il est probable qu'avant 1965, la plupart des arbres n'avaient pas atteint leur maturité sexuelle. Par contre, depuis cette année, les conditions climatiques, printemps pluvieux et froid, n'ont pas été favorables à une floraison importante, à moins qu'une floraison abondante ne soit automatiquement suivie d'années sans floraison pour la reconstitution des réserves.

Nous avons analysé 2 problèmes :

- la floraison est-elle répartie au hasard entre les arbres chaque année ou bien certains arbres n'ont-ils pas une fréquence élevée de floraison indépendante des années ?

- les différences entre les proportions des sexes que l'on relève dans la bibliographie ne sont-elles pas dues au fait qu'un sexe ou l'autre a pu être favorisé certaines années ?

.../...

641 - FREQUENCES DE LA FLORAISON POUR LES ARBRES DE PLUSIEURS FAMILLES

Nous avons limité cette étude à 3 années pour lesquelles la floraison a été assez importante (1963, 1964 et 1968), en tenant compte uniquement des arbres qui ont fleuri en 1965. Nous avons considéré 9 familles dont le nombre d'arbres florifères était supérieur à 90 % (les arbres de 4 d'entre elles ont tous fleuri). Ces familles ont toutes un parent mâle qui est un tremble américain ; le parent femelle est, soit un tremble européen, soit un peuplier blanc.

Le tableau VI-7 indique les 8 possibilités de floraison (1) ou de non floraison (0) pour chaque arbre pour les trois années. On a calculé les effectifs correspondant à chacune des possibilités pour les 9 familles. Nous avons voulu voir si la répartition des effectifs était la même pour toutes les familles à l'aide du test du "critérium de 2 I". La valeur est de 126,075 ce qui est hautement significatif au seuil de 1 % (Chi carré = 83,513).

En utilisant le même test, nous avons pu répartir les 9 familles en 2 groupes, l'un comprenant les 5 familles hybrides tremula x tremuloïdes et une famille hybride alba x tremuloïdes (804), l'autre comprenant les familles restantes. Nous avons recherché s'il existe des liaisons entre la floraison des différentes années, c'est-à-dire, si l'effectif des arbres ayant fleuri plusieurs fois était significativement supérieur à celui que l'on pourrait attendre d'une répartition au hasard de la floraison entre les arbres, en tenant compte de l'importance respective de la floraison de chaque année.

Le tableau VI-8 indique les effectifs observés pour chacun des groupes de familles, suivant les années de floraison de chaque arbre, et les effectifs théoriques, calculés selon la méthode des corrélations multiples (paragraphe 2723).

Les effectifs observés ont été comparés aux effectifs théoriques à l'aide d'un test de Chi carré à 1 degré de liberté, dont le seuil de signification est de 3,84 pour la probabilité de 5 %. On a calculé la valeur du Chi carré, seulement quand l'effectif observé dépasse l'effectif théorique, ce qui indique une liaison entre les floraisons des différentes années quand la valeur obtenue est supérieure à 3,84.

.../...

TABLEAU VI-7

FREQUENCES DES FLORAISONS SUR 3 ANNEES

- 103 -

Année			Numéros des Familles										Total
63	64	68	310	311	312	313	314	501	801	802	804		
0	0	0	26	37	22	27	23	43	52	34	33	297	
1	0	0	4	2	1	2	1	3	1	2	6	22	
0	1	0	9	12	13	10	5	11	8	12	16	96	
0	0	1	5	6	16	18	12	9	2	3	12	83	
1	1	0	5	3	3	3	1	2	5	1	0	23	
1	0	1	2	2	1	3	1	0	4	2	2	17	
0	1	1	7	13	13	13	10	9	0	3	9	77	
1	1	1	11	5	6	17	8	2	4	3	7	63	
Total			69	80	75	93	61	79	76	60	85	678	

TABLEAU VI-8

CORRELATIONS ENTRE ANNEES POUR LA FLORAIISON

Année			310, 311, 312, 313, 314 804 (1er groupe)				501, 801, 802 (2e groupe)			
			Fréquences		Chi carré	%	Fréquences		Chi carré	%
63	64	68	obser- vées	théo- riques			obser- vées	théo- riques		
0	0	0	168	119,32	19,86 ^x	36,3	129	108,52	3,86 ^x	60,0
1	0	0	16	31,21		3,5	6	16,92		2,8
0	1	0	65	89,94		14,0	31	42,01		14,4
0	0	1	69	89,94		14,9	14	25,57		6,5
1	1	0	15	23,53		3,2	8	6,55	0,32	3,7
1	0	1	11	23,53		2,4	6	3,99	1,01	2,8
0	1	1	65	67,80		14,0	12	9,90	0,45	5,6
1	1	1	54	17,73	74,20 ^x	11,7	9	1,54	36,14 ^x	4,2

On remarque que c'est le cas 4 fois, pour les arbres qui ont fleuri les 3 années et pour ceux qui ont fleuri en 1965, mais pas en 1963, 1964 et 1968 (la valeur atteint juste le seuil pour le 2e groupe de familles).

On démontre ainsi que la fréquence des floraisons ne se fait pas au hasard pour tous les individus d'une même famille, mais que certains d'entre eux possèdent une aptitude spéciale à fleurir fréquemment ou à ne fleurir que quand les conditions sont très favorables.

Il est probable d'ailleurs que le pourcentage d'arbres florifères des 3 années aurait pu être supérieur, si tous les arbres avaient atteint leur maturité sexuelle en 1963.

Il y a des différences entre les 2 groupes que nous avons formés : d'abord le pourcentage des arbres n'ayant fleuri qu'en 1965 qui passe du simple au double, ensuite dans la fréquence de floraison en 1968 du deuxième groupe nettement plus faible que celle du premier groupe. Cela est peut-être dû au fait que les arbres du 2e groupe commencent à être dominés par ceux des parcelles voisines ayant une croissance en hauteur supérieure.

642 - REPARTITION DES SEXES SUIVANT LES ANNEES

On a utilisé les mêmes familles que dans le paragraphe précédent, mais en groupant d'une part ceux ayant P. tremula comme parent femelle, d'autre part ceux ayant P. alba comme parent femelle. Les observations portent sur les années 1963 à 1966 et 1968.

On a vérifié par un test de Chi carré qu'il n'y avait pas de différences, entre les familles du même type, pour la répartition des sexes.

On remarque sur le tableau VI-9, qu'à part l'année 1964, les pourcentages de mâles sont supérieurs à ceux de 1965. Ils ne sont significativement différents que pour les années 1963 et 1968 avec P. tremula comme parent femelle. Mais tous les résultats, sauf ceux de 1964 et 1965, donnent une répartition des sexes significativement différente du rapport 1/1.

Il faut donc étudier le rapport des sexes dans les années où la floraison touche une forte proportion des arbres florifères, car on risque d'avoir certaines années une floraison plus importante de l'un des sexes.

.../...

TABLEAU VI-9

NOMBRE DE PLANTS FLORIFERES ET POURCENTAGE DE MALES SUIVANT LES ANNEES

(	:	:	:	:	:	:	:	)
(	Espèce du	:	:	:	:	:	:	)
(	parent ♀	:	sexe	:	1963	:	1964	:
(	:	:	:	:	1965	:	1966	:
(	:	:	:	:	:	:	1968	)
(	:	:	:	:	:	:	:	)
(	:	:	♂	:	55	:	90	:
(	:	:	:	:	:	:	208	:
(	:	:	:	:	:	:	25	:
(	:	:	:	:	:	:	:	)
(	<u>P. tremula</u>	:	♀	:	26	:	77	:
(	:	:	:	:	:	:	170	:
(	:	:	:	:	:	:	10	:
(	:	:	% de ♂	:	68 ^x	:	54	:
(	:	:	:	:	:	:	55	:
(	:	:	:	:	:	:	71	:
(	:	:	:	:	:	:	:	)
(	:	:	♂	:	35	:	67	:
(	:	:	:	:	:	:	214	:
(	:	:	:	:	:	:	:	)
(	<u>P. alba</u>	:	♀	:	9	:	25	:
(	:	:	:	:	:	:	86	:
(	:	:	:	:	:	:	:	)
(	:	:	% de ♂	:	80	:	73	:
(	:	:	:	:	:	:	71	:
(	:	:	:	:	:	:	:	)

{^x : différence significative au seuil de 5 % avec les valeurs de 1965}.

Il est possible par exemple, que la maturité sexuelle soit plus précoce pour le sexe mâle, comme on peut le pressentir sur le tableau VI-9.

65 - CONCLUSIONS

Ce chapitre ne contient que des observations préliminaires sur la floraison des peupliers de la Section Leuce. Ces observations nous ont toutefois permis de mesurer toute la complexité du problème de l'hermaphrodisme et de penser que le déterminisme du sexe était un phénomène quantitatif.

Des essais sur la modification de l'hermaphrodisme vers la prédominance d'un sexe ou de l'autre pourraient nous aider à confirmer ou à infirmer notre hypothèse sur le déterminisme du sexe. Nous pourrions aussi accroître de cette manière nos possibilités d'hybridation.

CONCLUSION GENERALE

HETEROSIS

ET

SELECTION DE CLONES

Les travaux que nous avons présentés dans les chapitres précédents représentent une partie des recherches entreprises au Centre National de Recherches Forestières sur l'amélioration des peupliers. Le but principal de ce travail est la sélection de "cultivars" de la Section Leuce pour la production de bois à pâte, mais nos multiples observations ont permis de mettre en évidence des phénomènes d'hétérosis.

71 - MANIFESTATIONS D'HETEROSIS

Nous avons pu constater la manifestation de différents degrés d'hétérosis chez les hybrides interspécifiques suivant les caractères que nous avons analysés, pour les hybrides entre P. tremula et P. tremuloïdes, entre P. alba et P. tremula et entre P. alba et P. tremuloïdes.

Ces caractères sont les suivants :

- le débourrement pour lequel P. tremuloïdes est l'espèce la plus précoce et P. tremula la plus tardive (graphique III-2) ;
- la hauteur où P. tremula a en moyenne une croissance inférieure à celle des deux autres espèces (graphique IV-12) ;
- la surface terrière, qui bien que liée avec la hauteur, donne un classement un peu différent entre les espèces puisque P. alba est supérieur à P. tremuloïdes (graphiques IV-9 et IV-10) ;
- la sensibilité à la tavelure du tremble qui est seulement le fait de P. tremula, les deux autres espèces étant pratiquement résistantes ;
- l'aptitude à la floraison, qui est représentée par le pourcentage de plants ayant fleuri, étant très faible pour P. tremula, et voisine pour les deux autres espèces (graphique VI-5).

Bien entendu, les résultats que nous présentons sont fonction de l'échantillonnage des parents que nous avons utilisés pour les croisements, mais les écarts observés entre les hybrides interspécifiques et les espèces parentes sont suffisants pour que nous pensions avoir mis en évidence des phénomènes d'hétérosis.

Quand on étudie des descendants, pour un certain nombre de caractères, on s'attend à trouver en moyenne des résultats intermédiaires entre ceux des parents ; dans le cas contraire, on parle de phénomène de

dominance. Cette dominance est complète si la moyenne des descendants se rapproche de la valeur d'un des parents. La dominance est partielle si la valeur obtenue pour les descendants est comprise entre la valeur d'un des parents et la moyenne entre les deux parents. Si la moyenne des descendants est extérieure à l'intervalle compris entre les valeurs des parents, on dit qu'il y a superdominance.

Dans l'étude des 5 caractères, la moyenne des descendants des hybrides interspécifiques n'est pas comparée aux parents, mais à la moyenne d'autres croisements intraspécifiques pour chaque espèce parente. Le tableau VII-1 indique pour chaque caractère et chaque type d'hybride, la valeur de la moyenne des hybrides interspécifiques (valeur représentée par un trait interrompu dans la partie droite des colonnes) par rapport à celle des espèces parentes (valeur représentée par un trait interrompu dans la partie gauche des colonnes).

Avec les hybrides P. tremula x P. tremuloïdes nous avons observé des cas de dominance pour les 5 caractères :

- Dominance complète pour la sensibilité à la tavelure, les hybrides sont résistants, comme P. tremuloïdes ;
- Dominance partielle pour le débourrement et l'aptitude à la floraison, les hybrides ont une précocité qui se rapproche de celle de P. tremuloïdes et le pourcentage de plants ayant fleuri est voisin de celui de P. tremuloïdes ;
- Superdominance pour les caractères de vigueur, hauteur et surface terrière.

On voit aussitôt l'intérêt de ces hybrides, par suite de leur supériorité incontestable vis-à-vis des deux espèces parentes ; ce résultat confirme en particulier ceux des Suédois.

Les hybrides P. tremula x P. alba ont présenté aussi des cas de dominance, sauf pour l'aptitude à la floraison qui semble intermédiaire entre celle des espèces parentes. On a observé :

- une dominance partielle pour le débourrement et la sensibilité à la tavelure ; les hybrides sont presque aussi précoces que P. alba, mais en moyenne, leur sensibilité à la tavelure est plus proche de celle de P. tremula, ce qui est un handicap sérieux pour la multiplication de certaines familles, par ailleurs d'excellente vigueur ;

.../...

TABLEAU VII-1
COMPARAISON DES HYBRIDES AVEC LES ESPECES PARENTES

	:	:	:	:	:
Débourrement	:	Hauteur	:	Surface terrière	:
	:	:	:	Sensibilité à la tavelure	:
	:	:	:	:	Aptitude à la floraison
	:	:	:	:	:
P. tremula x P. tremuloïdes					:
	:	:	:	:	:
tds	:	tds	:	tds	:
	:		:		:
	:		:		:
	:		:		:
tla	:	tla	:	tla	:
	:		:		:
	:		:		:
P. tremula x P. alba					:
	:	:	:	:	:
alb	:	alb	:	alb	:
	:		:		:
	:		:		:
	:		:		:
tla	:	tla	:	tla	:
	:		:		:
	:		:		:
P. alba x P. tremuloïdes et réciproque					:
	:	:	:	:	:
tds	:		:	alb	:
	:		:		:
	:		:		:
	:		:		:
alb	:		:	tds	:
	:		:		:
	:		:		:

- une superdominance pour les caractères de vigueur, hauteur et surface terrière.

Chez les hybrides P. alba x P. tremuloïdes, le seul caractère présentant un effet de dominance partielle est le débourrement, la plupart des hybrides étant aussi précoces que P. tremuloïdes. Il ne semble y avoir aucune dominance pour les caractères de vigueur, contrairement à ce que l'on a observé pour les autres hybrides interspécifiques. Les deux espèces parentes sont résistantes à la tavelure, et en particulier, P. tremuloïdes qui semble transmettre cette qualité à ses descendants. Il est donc logique que les hybrides soient également résistants.

L'ensemble de ces résultats montre que les hybrides entre P. alba et P. tremuloïdes n'apportent aucune amélioration par rapport aux espèces parentes et, malgré leur résistance à la tavelure, il n'y a pas lieu d'effectuer une sélection poussée des familles expérimentées.

Les croisements entre clones de P. tremuloïdes (expérience 3 604 1) ont donné des résultats médiocres au point de vue pourcentage de reprise et croissance en hauteur et en surface terrière. Quelques clones hermaphrodites peuvent être intéressants pour la création d'individus se rapprochant de l'homozygotie afin d'obtenir une vigueur hybride plus importante dans des croisements avec des clones de P. tremula.

Les familles de P. alba ont, dans l'ensemble, un pourcentage de reprise élevé et une surface terrière assez satisfaisante pour les familles 603 et 604. L'étude de la faculté d'enracinement des meilleurs individus (forme et croissance) pourrait déboucher vers la sélection de clones ou de variétés utilisables dans le sud-est de la France dont sont issus les parents, après une expérimentation dans cette région.

Plusieurs familles hybrides P. tremula x P. alba ont montré une vigueur excellente, mais l'une d'entre elles (706) a une sensibilité assez importante à la tavelure du tremble. Comme nous l'avons montré, il y a indépendance entre la croissance en hauteur et la sensibilité à la tavelure, mais des attaques répétées sur la pousse terminale la déforment.

Il y a toutefois des différences importantes de sensibilité suivant les familles et on peut attribuer la meilleure résistance des hybrides à la moindre sensibilité du parent tremula (tableau V-8). D'où l'intérêt de la sélection des P. tremula les moins sensibles à la tavelure avant d'effectuer les croisements avec P. alba. C'est ainsi que 8 clones

ont été sélectionnés en tenant compte à la fois de leur faible sensibilité à la tavelure et de leur meilleure vigueur, parmi les 3 familles 116, 117 et 118 (tableau V-12).

La multiplication végétative, par greffage, de ces clones va être entreprise afin de les introduire dans la collection de peupliers de la Section Leuce et d'activer leur floraison.

Les 3 familles hybrides P. tremula x P. alba (709,710,712) de l'expérience 3 604 1 semblent peu sensibles à la tavelure et, étant donné leur excellente vigueur, il sera possible de sélectionner les individus les meilleurs après avoir expérimenté leur aptitude à l'enracinement. L'expérience 3 604 1 a un an de moins que les deux autres dispositifs et la concurrence y est moins forte actuellement par suite de l'espacement plus grand entre les plants : on peut donc attendre encore quelques années avant d'y faire une sélection pour la vigueur.

Dans l'expérience 3 603 1, ce sont des familles hybrides P. tremula x P. tremuloïdes qui ont donné les meilleurs résultats, puisqu'en plus de leur résistance à la tavelure, certaines d'entre elles ont une croissance en hauteur significativement supérieure à celle de "I 214". Deux solutions s'offrent à nous pour multiplier les meilleures familles hybrides : soit refaire les croisements qui ont donné les meilleures descendance, soit sélectionner des individus parmi ces descendance et les multiplier végétativement sous forme de cultivars.

La première solution exige deux conditions : d'une part que les familles soient suffisamment homogènes, car les éclaircies précoces ne sont pas rentables, d'autre part que l'on possède des copies végétatives des deux parents. Or, toutes les familles sauf une (313) sont très hétérogènes ; les coefficients de variation pour la hauteur et la surface terrière sont très nettement supérieurs à ceux des clones euraméricains. On constate des différences de vigueur importantes entre les individus d'une même famille, les arbres les moins vigoureux présentent parfois des anomalies morphologiques, comme une écorce noire et épaisse, pour 30 % environ des plants de la famille 312, ou des rameaux très grêles avec un nombre réduit de bourgeons latéraux, pour 25 % environ des plants des familles 310 et 314 (plants qui n'ont jamais fleuri). Ces caractères ne sont apparus que plusieurs années après la plantation. Ces plants anormaux n'existent que dans certains croisements interspécifiques. Comme cela a été indiqué dans le chapitre II, les parents P. tremuloïdes utilisés pour les hybridations en

1958 ont été reçus sous forme de pollen et nous ne possédons pas actuellement de copies végétatives de ces clones ; nous ne pouvons donc multiplier ces hybrides à partir des graines.

La deuxième solution suppose la connaissance d'une méthode de multiplication végétative utilisable dans la pratique courante. On sait qu'il y a de grandes difficultés à multiplier végétativement les trembles par bouturage, seul le greffage est facile, mais son emploi est peu pratique pour la multiplication en grands nombres. De nombreux chercheurs ont mis au point différentes méthodes de bouturage du tremble, mais la seule qui nous semble utilisable dans la pratique est celle mise au point par JANSON en Pologne et que le Dr CHMIELEWSKI nous a présentée dans la pépinière de SEKOCIN près de VARSOVIE (72).

Cette méthode est basée sur une propriété bien connue du tremble : le drageonnement qui est la faculté de former des pousses à partir des racines. On commence par prélever des racines âgées au pied de l'arbre sélectionné. Ces racines drageonnent en serre dans de la mousse humide et on bouture les jeunes pousses dans du sable afin d'obtenir une grande quantité de racines jeunes qui, fragmentées en morceaux de 5 cm de long, serviront à la multiplication végétative de l'arbre sélectionné (73).

72 - SELECTION DE CLONES

Pour sélectionner les individus les meilleurs dans l'expérience 3 603 1, nous avons pris comme base le clone "I 214" qui est le meilleur des 3 clones euraméricains pour la volume. La sélection est basée à la fois sur la hauteur et la surface terrière et sur plusieurs années de mesure. Comme les dispositifs expérimentaux sont en blocs incomplets, le clone "I 214" ne figure pas dans tous les blocs. Il faut donc calculer une valeur moyenne ajustée pour ce clone en tenant compte de la fertilité moyenne de chaque bloc par rapport à la moyenne générale de l'expérience. On compare la valeur de l'individu à sélectionner (V) à cette moyenne ajustée du "I 214" dans le même bloc (M), en calculant l'écart réduit selon la formule :

$$V - M / s$$

où "s" est la valeur de l'écart-type intrabloc de "I 214" pour le caractère considéré.

Pour la plupart des espèces, on sait que la croissance en hauteur est un caractère moins influencé par le milieu que la croissance en

diamètre. Aussi a-t-on effectué une sélection plus sévère pour la hauteur, en choisissant un seuil de probabilité de 1 % pour la valeur de l'écart réduit (2,326), que pour la surface terrière dont le rôle est d'éliminer les arbres de trop faible diamètre, en choisissant un seuil de probabilité de 5 % pour la valeur de l'écart réduit (1,646).

On a pu ainsi sélectionner 8 clones parmi les hybrides *P. tremula* x *P. tremuloïdes*, à partir des moyennes des écarts réduits, d'une part des hauteurs 1964, 1966 et 1969, d'autre part des surfaces terrières des années 1966 et 1969. Ces clones appartiennent à 5 familles différentes, mais il faut remarquer qu'il y a 7 clones mâles pour 1 clone femelle (tableau VII-2).

TABLEAU VII-2

CLONES SELECTIONNES DANS L'EXPERIENCE 3 603 1

Numéro de la famille	Numéro du bloc	Numéro du plant	Sexe	Ecart réduit moyen		Hauteur (cm) 1969	Circonf. (cm) 1969
				Hauteur	Surf. ter.		
310	19	9	♀	2,74	1,67	14,0	48
311	45	3	♂	2,98	1,86	17,0	54
312	14	4	♂	2,39	1,74	15,25	47
312	46	9	♂	2,97	1,71	16,25	54
313	5	4	♂	2,67	1,65	14,5	50
313	14	2	♂	2,92	1,95	15,75	51
313	33	8	♂	2,79	1,64	14,0	56
314	1	6	♂	2,46	1,99	14,75	53

Il reste 320 plants sur les 400 installés à la plantation sur l'ensemble de ces familles. Sélectionner 8 plants sur 320, c'est-à-dire 2,5 % est un choix sévère qui ne tient compte que de deux caractères. En particulier, il est possible que la multiplication végétative de certains de ces clones soit difficile, mais nous pouvons augmenter le choix car

d'autres plants ont des écarts réduits moyens très voisins des 8 clones sélectionnés.

La famille hybride 313 présente le même degré d'homogénéité de ses caractéristiques de croissance que les clones euraaméricains et sa hauteur moyenne en 1969 est significativement supérieure à celle du meilleur d'entre eux : "I 214". On peut donc considérer que, dans les conditions de l'expérience, cette famille pourrait être sélectionnée dans son ensemble ; il est donc logique de créer une variété à partir de cette seule famille. Cette solution, qui n'exclut pas la précédente, présente l'avantage de disposer rapidement d'une grande quantité de matériel de base pour la multiplication végétative.

Dans l'expérience 3 603 2, nous ne disposons pas de clone témoin de peuplier euraaméricain pour servir de base à la sélection d'hybrides. Si on considère les 3 meilleures familles P. tremula x P. tremuloïdes (311, 314, 316), on voit que deux d'entre elles font partie de l'expérience 3 603 1, il est donc logique de rechercher les meilleurs clones de ces familles. Si on applique le même taux de sélection, c'est-à-dire 2,5 % des plants vivants, on est amené à choisir les 3 meilleurs clones sur les 127 plants restant de ces 3 familles. L'écart réduit a été calculé, non pas à partir de la moyenne et de l'écart-type de "I 214", mais à partir de la moyenne et de l'écart-type moyen des trois familles, pour la hauteur et la surface terrière des années prises en compte pour la sélection. Les caractéristiques des 3 plants sélectionnés figurent dans le tableau VII-3. Il y a 2 clones mâles et un clone femelle, ce qui fait au total pour les 11 clones sélectionnés 9 mâles et 2 femelles.

TABLEAU VII-3
CLONES SELECTIONNES DANS L'EXPERIENCE 3 603 2

(	:	:	:	:	:	:	:	:	)
(	Numéro	Numéro	Numéro	:	Ecart réduit moyen	:	Hauteur	Circonf.	)
(	de la	du	du	Sexe	-----	:	(cm)	(cm)	)
(	famille	bloc	plant	:	:	Hauteur	1969	1969	)
(	:	:	:	:	Surf. ter:	:	:	:	)
(	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	)
(	311	58	7	♀	1,43	1,01	17,25	58	)
(	:	:	:	:	:	:	:	:	)
(	314	61	1	♂	1,63	1,23	17,0	58	)
(	:	:	:	:	:	:	:	:	)
(	316	55	1	♂	1,64	1,83	15,5	64	)
(	:	:	:	:	:	:	:	:	)

On n'a pas choisi de clones chez les hybrides P. tremula x P. alba. La famille 706, qui a une croissance excellente, est sensible à la tavelure du tremble et aucun des clones ayant un développement comparable à celui des hybrides P. tremula x P. tremuloïdes n'a une résistance suffisante à cette maladie. La famille 705, après une bonne croissance initiale, a un développement qui se ralentit considérablement actuellement par rapport aux hybrides P. tremula x P. tremuloïdes. De plus, une tempête, qui a fait des dégâts sur cette plantation en 1970, a incliné de nombreuses cimes et cassé des branches de cette famille, alors que les plants, tout proches, des famille 311 et 316 n'ont subi aucun dégât.

73 - ORIENTATION FUTURE DES RECHERCHES

La sélection de ces 11 clones et d'une variété constituée à partir de la famille 313 n'est pas définitive : elle dépend au moins de la vérification de 3 caractéristiques : l'aptitude à l'enracinement, la confirmation de leur développement supérieur par rapport aux clones de peupliers noirs et baumiers et la valeur technologique de leur bois.

L'aptitude à l'enracinement va être étudiée au cours de la mise en oeuvre de la méthode de multiplication par bouturage citée plus haut. Elle précédera l'installation de plantations comparatives entre ces clones et des peupliers noirs ("I 214") et baumiers (Fritzi Pauley), dans des stations analogues à celles de Velaine-sous-Amance. L'étude de la valeur technologique du bois a été commencée par la Station de Qualité des Bois du C.N.R.F. sur les plants des familles hybrides 311 et 312 coupés à l'automne 1971. Elle sera poursuivie lors d'éclaircies dans les plantations 3 603 1 et 3 603 2, éclaircies qui seront effectuées en 1973 sur les familles P. tremula x P. tremuloïdes ayant des arbres sélectionnés.

Par suite de l'absence de plan systématique de croisement, il ne nous a pas été possible d'apprécier l'aptitude générale à la combinaison des parents. On peut cependant remarquer pour les caractères de croissance que les 3 familles hybrides 311, 312 et 313 qui sont en tête dans l'expérience 3 603 1 ont le même parent mâle (5 832). De même, les hybrides P. tremula x P. alba 706 (expérience 3 603 2), 708, 709, 710 et 712 (expérience 3 604 1) ont la meilleure hauteur moyenne dans leurs expériences respectives et sont issus de croisements ayant le même père (5 872). D'où l'intérêt de ces deux clones comme parents.

Nous avons pu aussi observer les différences de sensibilité à la tavelure des parents P. tremula soit en croisement avec P. tremula, soit en croisement avec P. alba.

Le parent femelle 5 820 (forêt de Parroy) et le parent mâle 5 807 (Valloire) sont très sensibles et ne peuvent pas être utilisés pour des croisements ultérieurs, sauf avec P. tremuloïdes. Par contre, les 3 clones venant du Médoc et le clone 5 819 (forêt de Parroy) sont peu sensibles ce qui nous a permis de sélectionner de nouveaux clones peu sensibles dans leur descendance, tout en tenant compte de leur bonne aptitude à la croissance. Ces clones pourront être utilisés pour des hybridations avec d'autres peupliers de la Section Leuce.

Ces actions représentent la première phase des travaux d'amélioration des peupliers de la Section Leuce que nous avons entrepris depuis près de vingt années. Elles vont aboutir à la production d'hybrides sélectionnés pour le boisement de sols hydromorphes, seuls ou en mélange avec des essences résineuses. Mais dans le cadre des recherches sur les peupliers que nous poursuivons au C.N.R.F., les résultats des études sur les peupliers de la Section Leuce nous ont montré l'importance de la dominance chez certains hybrides interspécifiques pour des caractères de croissance et de résistance aux maladies et tout le parti que l'on peut en tirer pour la création de nouveaux hybrides.

Enfin, d'autres méthodes d'amélioration pourront être envisagées dans les années à venir, d'une part à partir des hermaphrodites qui nous permettront de créer des lignées plus homogènes pour chaque espèce, d'autre part à partir d'haploïdes, si on réussit à en produire facilement chez les peupliers de la Section Leuce, cette voie étant la plus rapide pour la fabrication de lignées homozygotes. Ces deux types de lignées permettront ensuite d'obtenir de plus grands effets de dominance à partir de nouveaux croisements interspécifiques.

B I B L I O G R A P H I E

- (1) Anonyme - 1956 - Les peupliers dans la production du bois et l'utilisation des terres.
Collection F.A.O. - Etudes des forêts et des produits forestiers
12 - 526 p.
- (2) BOUVAREL, P. et LEMOINE, M. - 1957 - Sélection et amélioration des peupliers de la Section Leuce en France.
Actes du VI^e Congrès International du Peuplier - Paris - 325-341
- (3) BOUVAREL, P. et LEMOINE, M. - 1959 - Hybridation des trembles et peupliers blancs à la Station de Recherches de Nancy.
Revue Forestière française - 10 - 679-698
- (4) Anonyme - 1965 - Silvics of forest trees of the United States.
U.S. Forest Service, Agriculture handbook - 271 - 762 p.
- (5) JOHNSON, H. - 1951 - Skogsträdsförädlingens historia.
Svensk Växtförädling - 399-412
- (6) WRIGHT, J.W. - 1953 - Aspects génétiques de l'amélioration des arbres forestiers.
Collection F.A.O. - Etudes des forêts et des produits forestiers,
16 - 432 p.
- (7) WETTSTEIN, W. - 1933 - Die Kreuzungsmethode und die Beschreibung von F1 - Bastarden bei Populus.
Zeitschrift für Pflanzenzüchtung - 18 - 597-626
- (8) PAULEY, S.S. - 1963 - Performance of some aspen seed sources and hybrids in Eastern Massachusetts.
Stockholm - Consultation mondiale sur la génétique forestière - 2b/2
- (9) VAN VLOTEN, H. - 1954 - Kruisingen met Leuce - populieren.
T.N.O. - Nieuws - 99 - 195-200
- (10) JOHNSON, H. - 1956 - Heterosiserscheinungen bei Hybriden zwischen Breitengradrassen von Populus tremula.
Zeitschrift für Forstgenetik - 5 - 156-160
- (11) ROHMEDER, E. - 1963 - Experiments on forest tree hybrids in Bavaria from 1936 to 1962.
Stockholm - Consultation mondiale sur la génétique forestière - 2b/1
- (12) CATALAN, G. - 1963 - Cruzamientos dentro de la Section Leuce y un híbrido notable entre Leuce y Aigeiros.
Stockholm - Consultation mondiale sur la génétique forestière - 2b/8
- (13) MUHLE - LARSEN, C. - 1953 - Formation spontanée de fleurs sur de jeunes trembles.
Bulletin de la Société Royale Forestière de Belgique - 12 p.

.../...

- (14) LESTER, D.T. - 1963 - Floral initiation and development in quaking aspen.
Forest science - 3 - 323-329
- (15) SEITZ, F.W. - 1958 - Frühtreibversuche mit Blühreisen der Aspe.
Silvae Genetica - 7 - 102-105
- (16) FARMER, R.E. - 1964 - Sex ratio and sex-related characteristics in eastern cottonwood.
Silvae Genetica - 13 - 116-118
- (17) SEITZ, F.W. - 1952 - Zwei neue Funde von Zwitterigkeit bei der Aspe.
Zeitschrift für Forstgenetik - 1 - 70-73
- (18) SEITZ, F.W. - 1953 - Ueber anormale Zwitterblüten eines Klones der Gattung Populus, Section Leuce.
Zeitschrift für Forstgenetik - 2 - 77-90
- (19) RUGGERI, C. - 1963 - Observations on the bisexual behaviour of a population of Populus tremula, L.
Stockholm - Consultation mondiale sur la génétique forestière - 1/8
- (20) HEIMBURGER, C. - 1936 - Report on poplar hybridization.
Forestry chronicle - 12 - Canada - 285-290
- (21) JOHANSSON, H. - 1942 - Generativ och vegetativ förökning av Populus tremula.
Svensk Botanisk Tidskrift - 36 - 177-199
- (22) BOUVAREL, P. - 1954 - L'amélioration des arbres forestiers en Suède et au Danemark.
Annales de l'E.N.E.F. et de la S.R.F. - 14 - 72 p.
- (23) BERGMANN, F. et LANTZ, A. - 1958 - Ein Versuch zum Treiben von Kreuzungsreisern von Aspen (Populus tremula L.) bei niedriger Temperatur.
Silvae Genetica - 7 - 155-159
- (24) BØRSET, O. - 1954 - Ospefrøets spirrevne.
Det Norske Skogforsøksvesen - 44 - 44 p.
- (25) MARCET, E. - 1957 - Zur Aufbewahrung von Aspensamen.
Schweizerischen Zeitschrift für Forstwesen - 4/5 - 4 p.
- (26) GREHN, J. - 1953 - Das Samengewicht bei Kreuzungen innerhalb der Sektion Populus Leuce als Funktion des weiblichen und männlichen Partners.
Zeitschrift für Forstgenetik - 2 - 8-16
- (27) MARCET, E. - 1954 - Un procédé pour mieux réussir les semis de tremble.
Journal Forestier suisse - 11 - 4 p.
- (28) GRAY, W.G. - 1949 - The raising of aspen from seed.
Forestry Commission - Forest record n° 2

.../...

- (29) FARRAR, J.L. - 1947 - Forest tree breeding in Canada.
Fifth British Empire Forestry Conference - 17 p.
- (30) JOHNSON, L.P.V. - 1946 - A note of inheritance in F1 and F2 hybrids
of Populus alba L. x P. grandidentata Michx.
Canadian Journal of Research - 24 - 315-317
- (31) HEIMBURGER, C. - 1964 - Susceptibility to a serious fungus attack
as a genetic barrier between aspen species.
Proceedings of a symposium "Breeding Pest-resistant Trees"
Pennsylvania.
- (32) HEIMBURGER, C. - 1940 - Report on poplar hybridization II - 1937 and
1938.
Forestry chronicle - 16 - 149-160
- (33) HEIMBURGER, C. - 1958 - Poplar breeding in Eastern Canada.
Cellulosa e Carta - 9 - 7-11
- (34) JOHNSON, H. - 1951 - Lövträd.
Svensk Växtförädling - 783-786
- (35) ANDERSON, E. and STRAND, L. - 1951 - Några data från två jämförande
försöksodlingar med asp.
Svensk Papperstidning - 3 - 81-92
- (36) BARNES, B.V. - 1958 - Erste Aufnahme eines sechsjährigen Bestandes
von Aspenhybriden.
Silvae Genetica - 7 - 98-102
- (37) SEKAWIN, M. - 1963 - Génétique des peupliers.
Stockholm - Consultation mondiale sur la génétique forestière - 4/4
- (38) GREHN, S. - 1952 - Ueber Spaltungserscheinungen und photoperiodische
Einflüsse bei Kreuzungen innerhalb der Sektion Leuce DuRoi.
Zeitschrift für Forstgenetik - 1 - 61-69
- (39) SCHONBACH, H. - 1962 - Ergibt die Kreuzung Populus tremula x Populus alba
(und reziprok) luxurierende Bastarde ?
Silvae Genetica - 11 - 3-11
- (40) BIALOBOK, S. - 1956 - Preliminary report on breeding poplars.
Arboretum Kornickie - 175 - 194
- (41) BIALOBOK, S. - 1963 - The progress of seedling growth of poplar
hybrids in relation to their selection.
Stockholm - Consultation mondiale sur la génétique forestière - 2b/4
- (42) TYSZKIEWICZ, S. et CHMIELEWSKI, W. - 1968 - Hybridization of Poplar.
U.S. Department of Agriculture and the National Science Foundation,
Washington D.C. - 180 p.
- (43) BENEA, V. - 1957 - Selection si ameliorarea speciilor forestiere din
republica populară Română realizări din 1949-1956.
Manuale - Referate - Comunicari - 10 - 1-66

- [44] KOPECKY, F. - 1966 - Poplar progeny tests by means of an early diagnosis.
Hongrie - Meeting I.U.F.R.O. - Section 22 - 113-115
- [45] KOPECKY, F. - 1966 - Examination of clones on species-hybrids for hybrid-vigor.
Hongrie - Meeting I.U.F.R.O. - Section 22 - 120-124
- [46] KOPECKY, F. - 1966 - Poplar seed Orchards.
Hongrie - Meeting I.U.F.R.O. - Section 22 - 7-8
- [47] YABLOKOV, A.S. - 1957 - Peupliers pyramidaux, espèces d'une haute importance pour la culture du peuplier hors forêt.
Paris - VIe Congrès International du peuplier - 115-122
- [48] BAKULIN, V.T. - 1966 - A triploid clone of aspen in the forests of the Novosibirsk region.
Genetica Moskva - 11 - 56-68
- [49] EINSPAHR, D.W., VAN BUIJTENEN, J.P. et PECKHAM, J.R. - 1963 - Natural variation and heritability in triploid aspen.
Silvae Genetica - 12 - 51-58
- [50] ZUFA, L. - 1965 - Vegetativno razmnožavanje hibrida Leuce topola. Dokumentacija za tehnologiju i tehniku u Šumarstvu - 49 - 76 p.
- [51] JACQUIOT, C. - 1964 - Application de la technique des cultures de tissus végétaux à l'étude de quelques problèmes de la physiologie de l'arbre.
Annales des sciences forestières - XXI - 315-474
- [52] GUINIER, P., MEUNIER, G. et REGNIER, R. - 1947 - Les peupliers français.
Revue du bois et de ses applications - Les techniques du bois - 4 - 36 p.
- [53] DEBAZAC, E. - 1961 - L'Arboretum d'Amance.
Annales de l'Ecole des Eaux et Forêts - XVIII - 339-406
- [54] VESSEREAU, A. - 1960 - Méthodes statistiques en biologie et en agronomie.
Baillièrè et fils - Paris - 540 p.
- [55] COX, G.M. et COCHRAN, W.G. - 1957 - Experimental designs.
New-York - Wiley - 612 p.
- [56] FISHER, R.A. et YATES, F. - 1953 - Statistical tables for biological, agricultural and medical research.
Londres - Oliver and Boyd - 126 p.
- [57] RIVES, M. - 1959 - Sur la comparaison des moyennes dans les essais variétaux.
Annales de l'Amélioration des Plantes - 9 - 357-376
- [58] DUFRENOY, J. - 1965 - Quelques méthodes statistiques utilisables en agronomie.
Cahier des Ingénieurs Agronomes - 194 - 35-39

- (59) ARBONNIER, P. - 1966 - L'analyse de l'information - Aperçu théorique et application à la loi multinomiale.
Annales des sciences forestières - XXIII - 949-1 017
- (60) DAGNELIE, P. - 1964 - Cours de statistique mathématique.
Gembloux - Association et Maison des Etudiants - 513 p.
- (61) Anonyme - 1963 - Tables scientifiques.
Documenta Geigy - 6e édition
- (62) JANSON, L. - 1958 - Proba analizy statystycznej cech morfologicznych u mieszańcowego potomstwa topoli przy zastosowaniu metody wankego.
Instytutu Badawczego Lesnictwa - 195 - 3-28
- (63) BOUVAREL, P. et LEMOINE, M. - 1957 - L'expérience internationale sur les provenances d'épicéa (*Picea excelsa* Link.).
Silvae Genetica - 6 - 91-97
- (64) DURAND, R. - 1967 - Action de la température et du rayonnement sur la croissance.
Annales de Physiologie Végétale - 9 - 5-27
- (65) BIDABE, B. - 1967 - Action de la température sur l'évolution des bourgeons de pommier et comparaison de méthodes de contrôle de l'époque de floraison.
Annales de Physiologie Végétale - 9 - 65-86
- (66) PARDE, J. - 1961 - Dendrométrie.
Nancy - Ecole Nationale des Eaux et Forêts - 350 p.
- (67) VIENNOT - BOURGIN, G. - 1949 - Les champignons parasites des plantes cultivées.
Masson - 1 852 p.
- (68) ZYCHA, H. et WEISGERBER, H. - 1967 - Die Anfälligkeit von Weisspappelarten und -bastarden gegenüber Pollacia radiosa.
Munich - XIV Congrès I.U.F.R.O. - Section 22 - 852-860
- (69) DIMITRI, L. et WEISGERBER, H. - 1971 - Resistance to Pollacia radiosa in some Poplar clones of the Section Leuce.
Bucarest - 14e Session de la Commission Internationale du Peuplier
- (70) LESTER, D.T. - 1963 - Variation in sex expression in Populus tremuloïdes.
Silvae Genetica - 12 - 141-151
- (71) WESTERGAARD, M. - 1958 - The mechanism of sex determination in dioecious flowering plants.
Advances in genetics - 9 - 217-281
- (72) LEMOINE, M. - 1972 - Compte-rendu d'un voyage en Pologne.
Diffusion limitée
- (73) JANSON, L. - 1967 - Die vegetative Vermehrung von Pappeln der Sektion Leuce Duby.
Munich - XIV Congrès I.U.F.R.O. Section 22 - AG 22/24 - 205-223

